

溫湯處理對‘臺農2號’ 番木瓜果皮抗氧化能力之影響¹

吳庭嘉²、吳承軒³、謝慶昌⁴

摘 要

本試驗探討‘臺農2號’番木瓜果實溫湯處理後於25°C放置24 hr期間，對番木瓜果皮抗氧化能力之影響。結果顯示55或57°C溫湯處理90 sec後會降低果皮葉綠素螢光Fv/Fm值及增加抗壞血酸(ascorbic acid)濃度，但對果皮離子滲漏率、丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量、抗氧化能力(ferric reducing ability of plasma, FRAP)、總酚類化合物(total phenolic compound)濃度及過氧化酶活性均無顯著影響。溫湯處理後於25°C放置24 hr期間之果皮葉綠素螢光Fv/Fm值及抗壞血酸濃度逐漸增加，過氧化物酶(peroxidase, POD)活性於25°C放置16 hr時有較高的活性。果皮離子滲漏率、丙二醛含量、抗氧化能力及總酚類化合物濃度處理間皆無顯著差異。

關鍵詞：葉綠素螢光、抗壞血酸濃度、過氧化物酶活性

前 言

番木瓜(*Carica papaya* L.)為多年生半草本熱帶果樹，原產於熱帶美洲，廣泛種植於熱帶及亞熱帶地區，為臺灣重要的經濟果樹之一，目前主要的栽培品種為‘臺農2號’，除了供應國內消費外，也外銷日本、中國與東南亞各地^(1,5)。番木瓜採收後主要的損失來自各項處理作業造成的機械傷害及病菌感染，故需利用溫湯處理控制病害及果實腐爛的發生⁽⁶⁾。熱處理為物理防治之方法，可替代化學藥劑的使用，近二十年間廣泛在商業上應用於芒果、番木瓜、柑橘等園產品採收後處理上，對病蟲害控制、減緩高、低溫逆境反應、延緩後熟、維持品質、延長貯藏壽命等具有效果^(11,18)。園產品後熟時會誘導合成後熟相關mRNA及新的酶，改變呼吸率、果實顏色、果實硬度及風味等。在熱處理時，這些後熟反應會受到抑制，後熟相關基因mRNA不表現，累積熱休克蛋白(heat shock protein, HSP)，減緩後熟現象的發生。但過高溫度的熱處理時，反而加速後熟及衰敗，必須視園產品對熱處理的忍受性及處理是否恰當所影響⁽¹⁸⁾。在嚴重熱逆境下便會誘導氧化逆境(oxidative stress)的發生，促使細胞內之活性氧族(reactive oxygen species, ROS)的生成，加速園產品採後品質的劣

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0939 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

³ 行政院農業委員會農業試驗所助理研究員。

⁴ 國立中興大學園藝學系副教授。

變，造成生理障礙的發生^(11,12)。ROS包括單線態氧(singlet oxygen, $^1\text{O}_2$)、超氧陰離子(superoxide radical, O_2^-)、過氧化氫(hydrogen peroxide, H_2O_2)、羥基自由基(hydroxyl radical, OH^\cdot)，當活性高時容易與細胞內許多重要分子反應，造成細胞結構及組成的破壞、蛋白質分解、酶變性、膜體脂質過氧化產生丙二醛(malondialdehyde, MDA)等，危害植物體正常的生理代謝，嚴重將導致細胞死亡⁽²¹⁾。因此，植物體內為防範ROS大量生成所造成的危害，會啟動抗氧化系統以平衡內部ROS的生成及清除，減少ROS的累積，以減輕活性氧對細胞的傷害。抗氧化系統可分為酶類(enzymatic)的抗氧化酶及非酶類(nonenzymatic)的抗氧化物兩個部分^(15,21)。

影響果實耐熱性的因子有田間栽培時誘導的耐熱性、品種特性、果實的大小及形狀、果實成熟度及熱處理的溫度、時間和熱傳導速率等^(18,19)。另外可藉由熱馴化使園產品獲得耐熱性，先由次低溫度的熱處理誘導如熱休克蛋白、抗氧化物或抗氧化酶等抗逆境物質的產生，增加耐熱性及抗逆境能力，使得園產品能忍受第二次較高溫的逆境處理，對於熱處理後的低溫貯藏也較不容易產生寒害現象^(18,20,21)。番木瓜‘臺農2號’果實利用55或57°C溫湯處理90 sec能維持較高的採收後品質，降低果實採收後貯藏病害的發生^(2,4)，但溫湯處理後直接進行蒸熱處理會使果實產生嚴重的傷害，並造成果皮轉色不良⁽²⁾。溫湯處理後延遲24 hr再進行蒸熱處理，可有效減緩葉綠素螢光值的下降，顯示溫湯及蒸熱處理間隔24 hr，使其有一段時間恢復膜體之穩定性，對於聯合處理後之膜體傷害有顯著減緩的效果⁽³⁾。本研究探討溫湯處理後於25°C放置24 hr期間，對‘臺農2號’番木瓜果皮氧化逆境及抗氧化系統之影響。

材料與方法

一、材料來源

本試驗使用‘臺農2號’番木瓜果實為試驗材料，栽種於高雄縣六龜鄉邱氏果園(北緯22°52'15.05"，東經120°37'34.54")，選取果皮10~25%轉色的成熟度(果溝一至兩溝轉黃)，果形大小一致、外觀完整、無病與機械傷害及蟲害之果實進行試驗。

二、試驗方法

溫湯處理以水浴槽(water bath)將水加熱至設定溫度，溫湯處理組之果實經55或57°C溫湯處理90 sec，隨後於室內通風處風乾、回溫，置於25°C溫度下，分別於0、8、16、24 hr測量果皮葉綠素螢光Fv/Fm值、離子滲漏率；而對照組於0及24 hr測量果皮葉綠素螢光值、離子滲漏率，並以液態氮固定果皮，供作為分析之用，每處理4重複。

三、調查項目

(一)葉綠素螢光Fv/Fm值(chlorophyll fluorescence Fv/Fm)

在番木瓜果實長之1/4、2/4、3/4處各標定一個綠色的部位做為測定點，利用攜帶式葉綠素螢光測定儀(portable chlorophyll fluorometer, MiNi-PAM, Walz, Germany)測定。其探針藉由特

殊光纖(Special Fiberoptic 2010-F)提供測定光及飽和脈衝光，測得Fo及Fm值，計算光系統II的活性，以Fv/Fm表示。Fo為最小螢光釋放量；Fm為最大螢光釋放量；Fv = Fm-Fo，為光系統II反應中心所釋放的螢光量，代表具活性的光系統II量；Fv/Fm = (Fm-Fo)/Fm，光系統II的活性，可描述光合作用胞器之生理狀態。

(二)離子滲漏率(electrolyte leakage)

每果以打孔器取果皮圓片(直徑10 mm、厚度1 mm) 3片，取樣同葉綠素螢光值測定部位，經蒸餾水清洗後吸去表面水分，將果皮圓片置於含有10 mL之0.4 M甘露糖醇(mannitol)瓶中。在25°C下用震盪器100 rpm震盪3 hr，以電導度測定儀(Suntex, conductivity meter, SC-170)測定電導度EC_a。再將樣品冷置於-20°C冷凍1天，取出回溫溶解後，再以-20°C冷凍1天，第二次回溫溶解並震盪3 hr，測定EC_b。離子滲漏率計算：離子滲漏率(%)=(EC_a-EC_b)× 100%。

(三)丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量

秤取0.5 g果皮組織加入5 mL之5% (w/v) trichloroacetic acid (TCA)及適量海砂於冰浴中研磨，隨後於4°C以12000 ×g離心5 min後取上清液。分析時取1 mL上清液加入4 mL之0.5% (w/v) triobarbituric acid (TBA)，將於100°C熱水浴15 min，隨後置於冰水中終止反應。以Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω, Germany)測定在532 nm及600 nm波長下之吸光值。

(四)抗壞血酸(ascorbic acid)濃度

秤取0.5 g果皮組織加入5 mL偏磷酸抽取液(含6%之metaphosphoric acid的2 N acetic acid)，於冰浴中研磨後以抗壞血酸試條(Reflectoquact ascorbic acid test strip, 24~450 mg/L, Merck)沾取待測溶液，置於RQ-flex (Merck)讀取抗壞血酸濃度。

(五)抗氧化能力(ferric reducing ability of plasma, FRAP)

秤取0.5 g果皮組織加入5 mL醋酸緩衝溶液(pH 3.6)及適量海沙於冰浴中研磨，隨後於4°C以20000 ×g離心10 min後取上清液。分析時取50 μL上清液加入700 μL working reagent [將30 mM醋酸緩衝溶液、10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine)及20 mM FeCl₃·6H₂O以10 : 1 : 1的比例配製]混勻，將試管置於37°C水浴10 min，隨後以Elisa Reader測定在593 nm波長下之吸光值，標準曲線以1,000 μM FeSO₄配製。

(六)總酚類化合物(total phenolic compound, TPC)濃度

秤取0.5 g果皮組織加入5 mL之0.1 M磷酸緩衝溶液(pH 7.0)及適量海沙於冰浴中研磨，隨後於4°C以20000 ×g離心20 min後取上清液。分析時取0.2 mL上清液稀釋至1 mL，加入0.1 mL之Folin-Ciocalteus phenol reagent (Merck)、0.2 mL之20% Na₂CO₃及8.7 mL去離子水震盪均勻後，利用沸水煮3 min後取出冷卻，隨後以Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω, Germany)測定660 nm波長下之吸光值，標準曲線以100 ppm caffeic acid配製。

(七)過氧化物酶(oxidase, POD, E.C. 1.11.1.7)活性

秤取0.5 g果皮組織加入5 mL之0.1 M磷酸緩衝溶液(pH 7.0)及適量海沙於冰浴中研磨，隨

後於4°C以20000 ×g離心20 min後利取上清液備用。分析時取10 μL上清液加入200 μL含 3.6×10^{-3} M Guaiacol之緩衝溶液(100 mL 0.1 M Phosphate buffer pH 6.0加入0.04 mL guaiacol)及40 μL去離子水，最後加入20 μL 0.0135 M H₂O₂開始反應。以Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω, Germany)測定470 nm波長下1 min內之吸光值的變化，為酶萃取液 ΔA_{470} 。

四、統計分析

將試驗結果以SAS 9.3軟體(Institute Inc, 2012)計算平均值，並利用ANOVA進行變方分析(analysis of variance)及最小顯著差異(least significant difference method, LSD)比較各處理間之差異顯著性。

結 果

一、溫湯處理後於25°C不同放置時間對‘臺農2號’番木瓜果皮葉綠素螢光值、離子滲漏率及丙二醛含量之影響

番木瓜‘臺農2號’果實對照組之果皮葉綠素螢光值(Fv/Fm)為0.76(表一)，經過55或57°C溫湯處理會使葉綠素螢光值(Fv/Fm)降低，其中57°C溫湯處理的葉綠素螢光值(Fv/Fm) 0.42顯著下降(表一)。對照組與55°C溫湯處理於25°C放置24 hr期間之果皮葉綠素螢光值(Fv/Fm)無明顯變化，對照組穩定維持在0.7~0.8之間，55°C溫湯處理維持在0.6~0.7之間。57°C溫湯處理後果實隨著在25°C放置8 hr內會使得葉綠素螢光值(Fv/Fm)有逐漸恢復的趨勢，由處理後葉綠素螢光值(Fv/Fm) 0.42逐漸回升至0.5~0.6之間，但57°C溫湯處理後於25°C放置24 hr的葉綠素螢光值(Fv/Fm)仍顯著低於對照組。

表一、溫湯處理後於25°C不同放置時間對番木瓜‘臺農2號’果皮葉綠素螢光值之影響

Table 1. Effect of different times set at 25°C after hot water treatment on the chlorophyll fluorescence (Fv/Fm) of ‘Tainung No. 2’ papaya peel

Treatment ¹	Fv/Fm			
	0 hr ²	8 hr	16 hr	24 hr
Control	0.76aA ³	- ⁴	-	0.75aA
55°C	0.66bA	0.65aA	0.62aA	0.66bA
57°C	0.42cB	0.56bA	0.55bA	0.52cA

¹Control: no hot water treatment; 55 and 57°C: hot water temperature, for 90 sec.

²Setting time at 25°C after hot water treatment.

³Different letters within columns (small letters) and rows (capital letters) indicate statistically significant differences by LSD at $p \leq 0.05$.

⁴-: no record.

番木瓜‘臺農2號’果實經57°C溫湯處理後有較高果皮之離子滲漏率(12.4%)(表二)，但與55°C溫湯處理(10.9%)及對照組(11.6%)無顯著差異。57°C溫湯處理之離子滲漏率隨放置時間增加有下降的趨勢，但統計上無顯著差異(表二)。處理後於25°C放置24 hr期間，各處理之果皮離子滲漏率也未有顯著的變化，離子滲漏率介於10~13%之間。丙二醛含量的變化情形與離子滲漏率相似(表二)，處理組與對照組之丙二醛含量無顯著差異，且放置時間增加丙二醛含量無顯著變化，丙二醛含量為19~24 nmol·g⁻¹ FW。

表二、溫湯處理後於25°C不同放置時間對番木瓜‘臺農2號’果皮離子滲漏率及丙二醛含量的影響

Table 2. Effect of different times set at 25°C after hot water treatment on electrolytes leakage and malondialdehyde contents of ‘Tainung No. 2’ papaya peel

Treatment ¹	Leakage (%)				MDA (nmol·g ⁻¹ FW)			
	0 hr ²	8 hr	16 hr	24 hr	0 hr	8 hr	16 hr	24 hr
Control	11.6aA ³	- ⁴	-	12.6aA	22.01aA	-	-	23.52aA
55°C	10.9aA	11.9aA	12.5aA	11.5aA	20.38aA	23.13aA	22.77aA	21.87aA
57°C	12.4aA	12.3aA	11.7aA	10.6aA	21.70aA	19.55aA	22.80aA	19.96aA

¹Control: no hot water treatment; 55 and 57°C: hot water temperature, for 90 sec.

²Setting time at 25°C after hot water treatment.

³Different letters within columns (small letters) and rows (capital letters) indicate statistically significant differences by LSD at $p \leq 0.05$.

⁴-: no record.

二、溫湯處理後於25°C不同放置時間對‘臺農2號’番木瓜果皮抗氧化能力(FRAP)及抗氧化物(抗壞血酸及總酚類化合物)濃度之影響

番木瓜‘臺農2號’果實經55°C溫湯處理後有較高的果皮抗氧化能力(FRAP) 18.09 $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ FW，但與對照組及57°C溫湯處理間無顯著差異(表三)，未顯著提升果皮抗氧化能力(FRAP)。於25°C放置24 hr期間各處理之果皮抗氧化能力(FRAP)未有顯著變化，果皮抗氧化能力(FRAP)為15~19 $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ FW。

果皮抗壞血酸含量方面，經55或57°C溫湯處理後維持較高的抗壞血酸濃度。分別為96.4 mg·100 g⁻¹ FW (55°C溫湯處理)及107.1 mg·100 g⁻¹ FW (57°C溫湯處理)(表四)。隨著溫湯處理後於25°C放置時間的增加，55或57°C溫湯處理之抗壞血酸濃度整體有增加的趨勢，於25°C放置24 hr後分別增加為106.6 mg·100 g⁻¹ FW (55°C溫湯處理)及111.8 mg·100 g⁻¹ FW (57°C溫湯處理)。在總酚類化合物濃度方面，55或57°C溫湯處理與對照組間無顯著差異，且隨25°C放置期間增加總酚類化合物的濃度無顯著變化，總分類化合物濃度為637~760 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ FW (表四)。

表三、溫湯處理後於25°C不同放置時間對番木瓜‘臺農2號’果皮抗氧化能力的影響

Table 3. Effect of different times set at 25°C after hot water treatment on the antioxidant capacity of ‘Tainung No. 2’ papaya peel

Treatment ¹	FRAP ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$)			
	0 hr ²	8 hr	16 hr	24 hr
Control	16.11aA ³	- ⁴	-	16.39aA
55°C	18.09aA	16.33aA	18.12aA	18.28aA
57°C	17.55aA	15.73aA	16.46aA	16.52aA

¹control: no hot water treatment; 55 and 57°C: hot water temperature, for 90 sec.

²Setting time at 25°C after hot water treatment.

³Different letters within columns (small letters) and rows (capital letters) indicate statistically significant differences by LSD at $p \leq 0.05$.

⁴-.: no record.

表四、溫湯處理後於25°C不同放置時間對番木瓜‘臺農2號’果皮抗壞血酸及總酚類化合物濃度的影響

Table 4. Effect of different times set at 25°C after hot water treatment on the ascorbic acid, and total phenolic compound concentration of ‘Tainung No. 2’ papaya peel

Treatment ¹	Ascorbic acid ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$)				Total phenolic compound ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$)			
	0 hr ²	8 hr	16 hr	24 hr	0 hr	8 hr	16 hr	24 hr
Control	94.5bA ³	- ⁴	-	94.2bA	752.0aA	-	-	736.0aA
55°C	96.4abB	98.4aAB	98.0bAB	106.6abA	636.6aA	648.9aA	690.2aA	689.7aA
57°C	107.1aAB	101.6aB	108.6aAB	111.8aA	759.2aA	686.0aA	734.5aA	647.9aA

¹Treatment: control: no hot water treatment; 55 and 57°C: hot water temperature, for 90 sec.

²Setting time at 25°C after hot water treatment.

³Different letters within columns (small letters) and rows (capital letters) indicate statistically significant differences by LSD at $p \leq 0.05$.

⁴-.: no record.

三、溫湯處理後於25°C不同放置時間對‘臺農2號’番木瓜果皮過氧化物酶(POD)活性之變化

番木瓜‘臺農2號’果皮過氧化物酶活性方面，經55或57°C溫湯處理果皮過氧化物酶活性與對照組無顯著差異(表五)，分別為6.5 units·g⁻¹FW(對照組)、5.8 units·g⁻¹FW(55°C溫湯處理)及5.9 units·g⁻¹FW(57°C溫湯處理)。隨著溫湯處理後於25°C放置時間的增加，57°C溫湯處理之過氧化物酶活性有增加的趨勢，且於16 hr有最高的過氧化物酶活性(8 units·g⁻¹FW)而後開始下降。雖然55°C溫湯處理之過氧化物酶活性變化趨勢與57°C溫湯處理相似，在25°C放置16 hr有較高的過氧化物酶活性(8.1 units·g⁻¹FW)，但於統計上無顯著差異。於25°C放置24 hr後各處理間無顯著差異，過氧化物酶活性分別為6.9 units·g⁻¹FW(對照組)、7.6 units·g⁻¹FW(55°C溫湯處理)及6.4 units·g⁻¹FW(57°C溫湯處理)。

表五、溫湯處理後於25°C不同放置時間對番木瓜‘臺農2號’果皮過氧化物酶活性的影響

Table 5. Effect of different times set at 25°C after hot water treatment on the peroxidase activity of ‘Tainung No. 2’ papaya peel

Treatment ¹	POD (units·g ⁻¹ FW)			
	0 hr ²	8 hr	16 hr	24 hr
Control	6.5aA ³	- ⁴	-	6.9aA
55°C	5.8aA	6.2aA	8.1aA	7.6aA
57°C	5.9aB	6.1aB	8.0aA	6.4aAB

¹control: no hot water treatment; 55 and 57°C: hot water temperature, for 90 sec.

²Setting time at 25°C after hot water treatment.

³Different letters within columns (small letters) and rows (capital letters) indicate statistically significant differences by LSD at $p \leq 0.05$.

⁴-.: no record.

討 論

在園產品採後處理上適當的熱處理可以降低蟲害、控制病害、延緩後熟、減輕二次逆境的影響、延長貯運時間及增加貯藏壽命等⁽¹⁸⁾。但在熱處理的過程中，所使用的高溫對於園產品而言是一種環境逆境，在嚴重熱逆境下便會誘導氧化逆境(oxidative stress)的發生，促使細胞內之活性氧族(reactive oxygen species, ROS)的生成，加速園產品採後品質的劣變，造成生理障礙的發生^(11,12)。在熱處理後可以藉由葉綠素螢光之測量，了解熱逆境對類囊體膜的結構及流動性的影響，可以在組織正常老化與環境逆境造成可視徵狀前測量出其變化⁽⁹⁾。熱處理後番木瓜果實之葉綠素螢光值低於 0.5 以下會使果實後熟受到影響，葉綠素螢光值降至 0.4 以下會使果實無法正常轉色^(2,3,4,7)。吳(2017)指出溫湯處理後延遲 24 hr 再進行蒸熱處理，可減緩葉綠素螢光值的下降，顯示溫湯及蒸熱處理間隔 24 hr，使其有一段時間恢復膜體之穩定性，對於連續溫湯及蒸熱處理後之膜體傷害有顯著減緩的效果⁽³⁾。本試驗中 57°C 溫湯處理明顯降低番木瓜果皮之葉綠素螢光值(表一)，顯示熱處理造成膜體傷害。但於 25°C 放置 24 hr 期間葉綠素螢光值(Fv/Fm)有逐漸恢復的趨勢，顯示溫湯處理對番木瓜果實為高溫逆境，處理後立即使葉綠素螢光值降低，造成氧化逆境，但隨後於 25°C 放置 24 hr 期間葉綠素螢光值含量有逐漸恢復，顯示細胞有進行修復，未造成嚴重的氧化危害。試驗中溫湯處理後於 25°C 放置 24 hr 期間，果皮圓片離子滲漏率及丙二醛含量並無顯著變化(表二)，表示細胞膜體仍維持其完整性，並未發生膜體脂質過氧化的現象。

前人研究指出菠菜葉片在經過 37、40 及 43°C 溫湯處理 3.5 min，觀察到溫湯處理溫度增加，導致葉綠素螢光值顯著降低，且過氧化氫含量明顯增加，但在 23°C 放置 3 天後可以保有較高的還原態抗壞血酸及還原態穀胱甘肽濃度，並延遲葉片的老化，增加貯藏壽命⁽¹⁰⁾。黑麥草及高羊茅先經 30°C 熱處理 3 天再處理 38、42 及 46°C 不同程度的高溫逆境，經 30°C 熱處理 3 天熱馴化後對葉片離子滲漏率、丙二醛、超氧陰離子及過氧化氫含量未有顯著影響，但於高溫逆境下經過 30°C 熱

馴化可明顯降低葉片的離子滲漏率、丙二醛、超氧陰離子及過氧化氫含量，且有效減緩抗壞血酸及穀胱甘肽濃度下降的程度，保有較高的抗氧化物質濃度，這可能與先經過 30°C 熱馴化誘導抗氧化酶活性，提高耐熱性有關⁽²²⁾。熱處理誘導抗氧化酶活性增加，並誘導作物耐熱性的現象在辣椒⁽¹³⁾、玉米及稻米⁽¹⁷⁾、肯塔基藍草⁽⁸⁾等觀察到。Jin等(2009)以 38°C 熱風處理桃果實 12 hr，可以提高在 0°C 貯藏時超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、POD活性及增加抗壞血酸濃度，並顯著降低寒害徵狀的產生⁽¹⁶⁾。在草莓⁽²³⁾、柑橘⁽¹⁴⁾等研究也有相似的結果。

番木瓜‘臺農 2 號’果實經溫湯處理後，未顯著提升果皮抗氧化能力及總酚類化合物濃度，於 25°C 放置 24 hr 期間，各處理之果皮抗氧化能力及總酚類化合物濃度未有顯著變化(表三、表四)。果皮抗壞血酸濃度經 55 或 57°C 溫湯處理後維持較高的抗壞血酸濃度(表四)。隨著溫湯處理後於 25°C 放置時間的增加，55 或 57°C 溫湯處理之抗壞血酸濃度有增加的趨勢。番木瓜‘臺農 2 號’果皮過氧化物酶活性方面，經 55 或 57°C 溫湯處理果皮過氧化物酶活性與對照組無顯著差異(表五)，隨著溫湯處理後於 25°C 放置時間的增加，57°C 溫湯處理之過氧化物酶活性有增加的趨勢，且於 16 hr 有最高的過氧化物酶活性(8 units·g⁻¹ FW)而後下降。雖然 55°C 溫湯處理之過氧化物酶活性變化趨勢與 57°C 溫湯處理相似，在 25°C 放置 16 hr 有較高的過氧化物酶活性(8.1 units·g⁻¹ FW)而後下降，但於統計上無顯著差異。試驗中各處理之 POD 活性無顯著差異，且隨 25°C 放置時間增加，有逐漸增加而再下降的趨勢。因此，55 或 57°C 溫湯處理皆可以增加番木瓜果實抗氧化酶之比活性，在溫湯處理後能增加並維持 POD 比活性的增加也有利於減輕氧化傷害。這些抗氧化酶活性增加有利於降低細胞內，減輕氧化逆境的危害，以及增加抵抗二次逆境的能力。

熱處理誘導耐熱性的增加除了抗氧化能力的參與外，也與熱休克蛋白有關^(18,19,20)。Du等(2013)將‘Midnight’及‘Brilliant’草坪草在 35/30°C (日/夜溫)熱處理 3 週，耐熱‘Midnight’熱傷害程度較低，且維持較佳的抗氧化酶活性。但在抗氧化酶基因表現的結果與酶活性不完全相符合，顯示熱逆境對於‘Midnight’及‘Brilliant’的抗氧化酶在基因表現及轉錄後的生合成代謝有不同的抑制情形，熱處理會影響轉錄後酶的不活化、降解或抑制蛋白質的生合成，會使得酶活性的表現量低於基因的表現。在高溫下細胞內的蛋白質變性，使得酶失去活性而被降解。若此時細胞中能產生 HSP 則可以避免蛋白質的變性及降解，且可以保護蛋白質在高溫下維持其結構及功能^(20,21)。

番木瓜果實採收後於貯運及銷售過程中容易產生炭疽病及蒂腐病等病害，導致商品價值的喪失，利用溫湯處理可以有效降低採收後病害的發生。‘臺農 2 號’番木瓜果實溫湯處理後會增加果皮抗壞血酸含量，於 25°C 放置 24 hr 期間，隨放置時間增加其果皮過氧化物酶活性上升。顯示溫湯處理造成果皮細胞輕微的氧化逆境，於 25°C 放置時間增加有助於細胞的修復，恢復其氧化還原的平衡。溫湯處理後於 25°C 放置時間增加有利於抗壞血酸濃度與過氧化物酶活性的增加，降低氧化逆境的危害，但因其含量及活性非穩定增加，且與對照組的含量及活性增加量不多。因此，溫湯處理增加抗氧化物(抗壞血酸)濃度及過氧化物酶活性，有助於提升果實耐熱性。未來可以測量其他本次試驗尚未測定的抗氧化物及抗氧化酶，或是熱休克蛋白及滲透節物質等的變化，以確定溫湯處理後於

25°C 放置期間增加耐熱性的主要因子。

參考文獻

1. 王德男、劉碧鵬、李文立 2006 臺灣木瓜產業之變遷 木瓜產業發展研討會專刊 p.1-20。
2. 吳國政 2007 熱處理及氣變包裝對‘臺農二號’番木瓜果實採後品質及炭疽病之影響 國立中興大學園藝學系碩士論文 p.96。
3. 吳庭嘉、吳承軒、謝慶昌 2017 熱處理對番木瓜‘臺農二號’果實轉色及腐爛程度之影響 臺中區農業改良場研究彙報 136: 15-25。
4. 吳庭嘉、謝慶昌 2013 溫湯處理對‘臺農二號’番木瓜葉綠素螢光質與果實轉色之影響 興大園藝 38(3): 15-29。
5. 李文立 2009 木瓜栽培管理手冊 行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 p.83。
6. 李文立、黃慶文、謝慶昌 2012 番木瓜主要外銷果樹採後處理專刊 p.31-40。
7. 黃偉峻 2010 熱處理對‘臺農二號’番木瓜果實品質及抗氧化能力之影響 國立中興大學園藝學系碩士論文 p.93。
8. Du, H., P. Zhou and B. Huang. 2013. Antioxidant enzymatic activities and gene expression associated with heat tolerance in a cool-season perennial grass species. *Environ. Exp. Bot.* 87: 159-166.
9. Fan, L., J. Song and M. A. Jordan. 2011. Fruit maturity affects the response of apples to heat stress. *Postharvest Biol. Technol.* 62: 35-42.
10. Gómez, F., L. Fernández, G. Gergoff, J. J. Guiamet, A. Chaves and C. G. Bartoli. 2008. Heat shock increases mitochondrial H₂O₂ production and extends postharvest life of spinach leaves. *Postharvest Biol. Technol.* 49: 229-234.
11. Gonzalez-Aguilar, G. A., J. A. Villa-Rodriguez, J. F. Ayala-Zavala and E. M. Yahia. 2010. Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. *Food Sci. Technol.* 21: 475-482.
12. Hodges, D. M., G. E. Lester, K. D. Munro and P. M. A. Toivonen. 2004. Oxidative stress: importance for postharvest quality. *Hort. Sci.* 39: 924-929.
13. Hu, W. H., Y. A. Xiao, J. J. Zeng and X. H. Hu. 2010. Photosynthesis, respiration and antioxidant enzymes in pepper leaves under drought and heat stresses. *Biol. Plantarum* 54: 761-765.
14. Huajikaew, L., A. Uthairatanakij, S. Kanlayanarat and H. Gemma. 2005. Effect of heat treatment on antioxidants in papaya fruit stored at low temperature. *Proc. 5th Int. Postharvest Symp.* Eds. F. Mencarelli and P. Tonutti *Acta Hort.* 682: 1063-1068.
15. Jaleel, C. A., K. Riadh, R. Gopi, P. Manivannan, J. Ines, H. J. Al-Juburi, Z. Chang-Xing, S. Hong-Bo and R. Panneerselvam. 2009. Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants

- under abiotic. *Acta. Physiol. Plant* 31: 427-436.
16. Jin, P., Y. Zheng, S. Tang, H. Rui and C. Y. Wang. 2009. A combination of hot air and methyl jasmonate vapor treatment alleviates chilling injury of peach fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 52: 24-29.
 17. Kumar, S., D. Gupta and H. Nayyar. 2012. Comparative response of maize and rice genotypes to heat stress: status of oxidative stress and antioxidants. *Acta. Physiol. Plant* 34: 75-86.
 18. Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 257-269.
 19. Paull, R. E. and N. J. Chen. 2000. Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 21-37.
 20. Qu, A. L., Y. F. Ding, Q. Jiang and C. Zhu. 2013. Molecular mechanisms of the plant heat stress response. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 432: 203-207.
 21. Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf and M. R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environ. Exp. Bot.* 61: 199-223.
 22. Xu, S., J. Li, X. Zhang, H. Wei and L. Cui. 2006. Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation, antioxidant metabolites, and ultrastructure of chloroplasts in two cool-season turf grass species under heat stress. *Environ. Exp. Bot.* 56: 274-285.
 23. Zhang, Z., K. Nakano and S. Maezawa. 2009. Comparison of the antioxidant enzymes of broccoli after cold or heat shock treatment and different storage temperatures. *Postharvest Biol. Technol.* 54: 101-105.

Effect of Hot Water Treatment on Antioxidant Capacity of ‘Tainung No. 2’ Papaya (*Carica papaya* L.) Fruit Peel¹

Ting-Chia Wu², Chen-Hsuan Wu³ and Ching-Chang Shiesh⁴

ABSTRACT

This research aimed to investigate the change of antioxidant capacity of papaya peel after hot water treatment and placed under 25°C for 0-24 hr. The chlorophyll fluorescence (Fv/Fm) value, electrolyte leakage, malondialdehyde (MDA), antioxidant capacity (ferric reducing antioxidant power, FRAP), antioxidants (ascorbic acid and total phenolic compounds) concentration, and peroxidase (POD) activity of the fruit peel were investigated. The chlorophyll fluorescence value decreased after hot water treatment at 55 or 57°C for 90 sec., but the ascorbic acid content of the fruit peel increased. However, no significant influence on electrolyte leakage, MDA, FRAP, total phenolic compounds, and POD activity was found after treatment. During the time after hot water treatment and place under 25°C for 24 hr, the chlorophyll fluorescence value and ascorbic acid concentration increased gradually. The POD activity was higher at 16th hr. under 25°C after hot water treatment. During the time after hot water treatment and place under 25°C for 24 hr, there were no significant influence on electrolyte leakage, MDA concentration, FRAP, and total phenolic compounds among treatments.

Key words: chlorophyll fluorescence, ascorbic acid concentration, peroxidase activity

¹Contribution No. 0939 from Taichung DARES, COA.

²Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

³Assistant Researcher of Taiwan Agricultural Research Institute, COA.

⁴Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung-Hsing University.

番茄中不同Ty基因組合對於 番茄黃化捲葉泰國病毒種之抗病力研究¹

林煜恒²、吳靜霞²

摘 要

選育對於番茄黃化捲葉泰國病毒種(*Tomato yellow leaf curl Thailand virus*, TYLCTHV)具抗病能力之番茄品種，為臺灣番茄抗病育種重要方向之一。瞭解番茄中不同Ty基因組合對於TYLCTHV之抗(耐)病能力，有助於番茄抗TYLCTHV育種工作。本研究中單獨帶有Ty1基因及部分單獨帶有Ty3基因的番茄品系於接種TYLCTHV後，植株發病率及病毒檢出率皆為0%；部分單獨帶有Ty2基因之番茄品系，於接種後第28天病徵達3.7級，且植株發病率及病毒檢出率皆為17%；單獨帶有ty5之番茄品系雖於接種後各時期皆無病徵表現，然植株TYLCTHV檢出率為80%；同時帶有Ty2及Ty3之番茄各品系於接種TYLCTHV後各階段無病徵表現，其病毒檢出率最低為30%；同時帶有Ty2及ty5基因之番茄品系，於接種後各階段無病徵表現，然病毒檢出率為91%；同時帶有ty5及Ty6基因之番茄品系，於接種後各階段無病徵表現，病毒檢出率最低為17%。由研究結果可推論，臺灣進行番茄抗TYLCTHV育種時，如同時堆疊Ty1、Ty2及Ty3基因或ty5及Ty6基因，可使番茄在感染TYLCTHV後有最低之植株發病率及病毒檢出率，而使育成之番茄新品種(系)對於TYLCTHV有最佳抗(耐)病能力。

關鍵詞：番茄、抗病育種、番茄黃化捲葉泰國病毒種、Ty基因

前 言

番茄黃化捲葉病毒(*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV)所誘發之番茄黃化捲葉病(*Tomato yellow leaf curl disease*, TYLCD)為近年影響各國番茄生產最嚴重之病毒性病害⁽⁵⁾。番茄植株感染TYLCD初期，生長點會出現輕微黃化及捲曲之病徵表現，至感染中期植株小葉會逐漸黃化、變形及縮小，感染後期植株節間縮短、萎縮，最終無法生產具商品價值之果實，甚至植株死亡，而造成農民巨大的經濟損失⁽¹⁸⁾。

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0942號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

TYLCV 於分類上為雙生病毒科(Geminiviridae)、菜豆金黃嵌紋病毒屬(Begomovirus)之 DNA 病毒，其唯一的傳播媒介為銀葉粉蝨(*Bemisia tabaci*)⁽²²⁾。1930 年於以色列發現 TYLCD 之後，陸續於亞洲、非洲、歐洲、澳洲、南美洲、北美洲、加勒比海及地中海地區亦皆出現 TYLCD⁽²⁰⁾。TYLCV 依病毒 DNA 序列之差異而有不同生理小種，如其僅含有一個單股環狀 DNA，係單基因體組雙生病毒(monopartite geminivirus)；若含有兩個單股環狀 DNA，則為雙基因體組雙生病毒(bipartite geminivirus)；至今 TYLCV 已於世界各地發現上百個生理小種，顯示其具遺傳多樣性及廣泛之地理分佈⁽⁸⁾。

臺灣在 1987 年發表第一篇 TYLCV 正式報告，當時發現之生理小種被命名為 *Tomato leaf curl Taiwan virus* (TLCTWV)，其為單基因體組雙生病毒⁽⁹⁾，後於 2007 年亞蔬—世界蔬菜中心病毒組利用聚合酶連鎖反應(polymerase chain reaction, PCR)檢測臺南地區番茄病毒種類，結果證實番茄黃化捲葉泰國病毒種(*Tomato yellow leaf curl Thailand virus*, TYLCTHV)已進入臺灣，並有取代 TLCTWV 之趨勢⁽¹²⁾。

TYLCTHV 係雙基因體組雙生病毒，其遺傳物質包含 DNA A 及 DNA B，且皆有雙向轉譯端。DNA A 上有 6 個 open reading frames (ORF)，其中 AV1 及 AV2 為正向股，AC1、AC2、AC3 及 AC4 為反義股；DNA B 上則有 2 個 ORF，BV1 為正向股，BC1 為反義股⁽²⁷⁾。ORF AV1 負責轉譯非結構性蛋白質，大小約 30 kDa；ORF AV2 轉譯病毒外鞘蛋白質，分子量約 13.3 kDa⁽²⁸⁾，AV1 及 AV2 轉譯出之蛋白質為誘發植株病徵表現之必需蛋白質^(7,16,21,25)。雙基因體組雙生病毒之蛋白質外鞘參與病毒於細胞之間的移動以及病毒 DNA 於植體中之累積，增加植株病徵表現程度⁽²⁷⁾；因此番茄植株感染雙基因體組雙生病毒後，病徵嚴重程度比感染單基因體組雙生病毒更高^(26,27)。

番茄抗 TYLCD 育種可利用聚合酶連鎖反應(polymerase chain reaction, PCR)以標記抗病基因，近年來已分別於 *Solanum pimpinillifolium*、*Solanum chilense*、*Solanum cheesmaniae*、*Solanum peruvianum* 與 *Solanum habrochaites* 等野生番茄中發現許多與 TYLCV 相關之抗病基因，包括 *Ty1*、*Ty2*、*Ty3*、*Ty3a*、*Ty4*、*ty5* 及 *Ty6*^(2,6)。Zamir 等人(1994)發現 *Solanum chilense* 抗病品系 LA1969 之抗病性由一個顯性基因與至少兩個修飾基因所控制，此一顯性基因被命名為 *Ty1*，是第一個被命名與 TYLCV 相關之抗病基因。*Ty1* 位於第 6 號染色體上編號 TG97 之位置，另外兩個修飾基因分別位於第 3 及 7 號染色體上⁽³¹⁾。Hanson 等人(2006)發現以 *Solanum habrochaites* (accession B6013)為親本育出之抗病品系 H24，其控制抗病之基因為一顯性基因，位於第 11 號染色體上編號為 TG36 之位置，並將其命名為 *Ty 2*⁽¹⁰⁾。Ji 和 Scott (2006)發現以 *Solanum chilense* (accession LA2779)為親本育出之抗病品系，其控制抗病之基因亦為一顯性基因，位於第 6 號染色體上編號 cLEG-31-P-16 和 T1079 之間，並將其命名為 *Ty 3*⁽¹³⁾。Agrama 和 Scott (2006)指出，*Solanum chilense* (accession LA2779 或 LA1932)作為抗病親本所育成之番茄抗病品系，其抗病性分別由具有 *Ty1* 基因座的區段、*Ty3* 基因座的區段及 *Ty3a* 基因座的區段所調控，*Ty3a* 基因座區段靠近調控番茄植株高度(*sp*)及葉片形狀(*c*)的基因座，此基因區段亦相當靠近 *Ty3* 基因座所在區段⁽¹⁾。Ji 等人(2008)發現以 *Solanum chilense* 為親本育出之

抗病品系有一個位於第 3 號染色體上編號 C2_At4g17300 與 C2_At5g60610 之間的微效抗病基因，被命名為 Ty 4⁽¹⁴⁾。Ty3 基因對番茄植株感染 TYLCV 後病徵發展程度的影響佔 60%，而 Ty4 基因僅佔 16%⁽¹⁵⁾。ty5 基因在 2009 年於 *Solanum peruvianum* 經由種間雜交所選育出的抗病番茄‘Tyking’ 被發現，其位於第 4 號染色體上，為一隱性抗病基因^(2,11)。Ty-6 則源於 *S. chilense* 抗病材料 LA2779 與 LA1938，定位在第 10 號染色體，為一顯性抗病基因⁽²⁹⁾。

降低番茄栽培時 TYLCD 發生之最根本方式為使用抗病品種，而番茄品種(系)對於 TYLCD 之抗病能力，取決於番茄中不同 Ty 基因的組合與 TYLCV 生理小種之差異⁽²⁴⁾。本研究於番茄苗期利用銀葉粉蝨接種 TYLCTHV，以瞭解番茄中不同 Ty 基因組合對於 TYLCTHV 之抗病能力，作為日後進行番茄抗 TYLCTHV 育種時之參考使用。

材料與方法

一、試驗材料

(一)植物材料及試驗地點

本研究所使用的材料為亞蔬—世界蔬菜中心選育之 14 個帶有不同 Ty 抗病基因組合之番茄品系，以不帶任何抗病基因的番茄‘Tanya’作為對照品種(如表一)。並於 2015 年 9 月至 12 月於亞蔬—世界蔬菜中心進行相關試驗。植物材料播種於 3 吋軟盆，利用滿地王三號(農友種苗股份有限公司)與蛭石以 1:1 比例混合後作為介質。發芽一週後，每週施用一次尿素(500 倍)及依得利(35%可濕性粉劑)，以防治細菌性葉枯病。播種後 1 個月，植株種植於病毒組玻璃溫室內，開始處理時移至病毒組 PH-36 網室。播種時間分別為 2015 年 9 月 8 日及 2015 年 9 月 25 日。

(二)銀葉粉蝨

本研究使用之銀葉粉蝨(*Bemisia tabaci*)為由病毒組提供之 B-type 生理小種，包括健康不帶病毒及帶病毒兩種銀葉粉蝨。健康不帶病毒之銀葉粉蝨飼養於與外界隔離之棉花養蟲室(25~26°C)。

(三)病毒材料

本研究所使用之病毒為番茄黃化捲葉泰國病毒種(*Tomato yellow leaf curl Thailand virus*, TYLCTHV)⁽¹²⁾，係由病毒組分離純化後，以 TYLCTHV 感病番茄‘ANT22’及帶毒銀葉粉蝨，培養維持於病毒組 PH-36 網室內。

二、病毒接種方式

以播種後 2 週、3~4 片本葉之番茄苗為試驗材料。將植株置於病毒組 PH-36 網室內，經銀葉粉蝨傳毒 14 天後移出，並噴施稀釋 1,500 倍之益達胺殺蟲劑(Imidacloprid)，將植株上之銀葉粉蝨殺死。處理後之植株移至防蟲溫室內，進行發病率及病徵觀察。每處理 12 重複，每重複 1 株，以不帶有任何 Ty 抗病基因的番茄品種 Tanya 為對照組。

表一、15 個帶有不同 *Ty* 基因組合之番茄品系遺傳背景資料Table 1. The genetic background information of 15 tomato breeding lines that carry different combinations of *Ty* resistant gene

Accession number	Distribution code	Internal code	<i>Ty1/Ty3</i>	<i>Ty2</i>	<i>ty5</i>	<i>ty6</i>	SHP	SZ	ST	Hab
1	AVTO9708	Tanya	S	S	S	S	PL	M	G	DT
2	AVTO1366	TMB-488 (TS-1-28-21-5-0)	<i>Ty1</i>	S	S	S	PL	M	P	SD
3	AVTO0301	CLN2498D	S	R	S	S	OB	M	G	DT
4	AVTO0922	CLN3024A	<i>S</i> ¹	R	S	S	BL	M	P	DT
5	AVTO1226	CLN3205B	<i>Ty3</i>	S	S	S	OB	M	G	DT
6	AVTO1288	CLN3552B	<i>Ty3</i>	S	S	S	OB	M	P	DT
7	AVTO1314	CLN3212C	S	S	R	S	GL	ML	G	SD
8	AVTO1122	CLN3150A-5	S	R	R	S	PL-BL	M	G	DT
9	AVTO1306	CLN3451D	3a	S	S	S	DGL	M	P	DT
10	AVTO1130	CLN3126A-7	3a	R	S	S	PL	M	G	DT
11	AVTO1010	CLN3070J	<i>Ty3</i>	R	S	S	PL	M	G	DT
12	AVTO1219	CLN3241H-27	<i>Ty3</i>	R	S	S	BL	MS-M	G	SD
13	AVTO1005	CLN3125P	<i>Ty3</i>	R	S	S	OB-R	M	G	SD
14	AVTO1346	F9-159	S	S	R	R	PI	Sm	G	SD
15	V1059341	FLA456-4	S	S	R	R	R	MS	P	SD

R, S = homozygous for resistance or susceptibility, respectively.

¹CLN3024 is suspected of carrying a minor *Ty* gene near the *Ty1/Ty3* locus

SHP represents fruit shape: OB=oblong; PL=plum; BL=blocky; R=round

SZ represents fruit size; M, ML, MS are medium, medium large and medium small respectively

ST represents stem color. G=green hypocotyl color due to *ah* gene (anthocyaninless of Hoffman) which is linked with the *Tm2a* gene for resistance to *Tomato mosaic virus*.

Hab represents plant habit. DT=determinate; SD=semi-determinate

三、調查分析項目

(一)病徵調查

分別於接種病毒之前及接種後 7、14、21 及 28 天，調查植株病徵發生程度，其嚴重程度以發病指標 1~6 代表，1 為健康的植株；2 為生長點輕微黃化；3 為小葉出現黃化、葉緣輕微捲曲；4 為葉片大範圍黃化捲曲、小葉縮小；5 為節間縮短、植株萎縮；6 為停止生長。

(二)病毒 DNA 偵測

1. 病毒 DNA 萃取：利用 1.5 mL 離心管，自最靠近生長點之第一片葉，取葉圓片(直徑約 0.9 cm)做為樣本。萃取時加入 500 μ L Dellaporta (100 mM Tris base, pH 8.0、8.5 mM Ethylene Diamine Tetraacetic Acid EDTA、500 mM NaCl、10 mM 2-mercaptoethanol)，以 Kontes 公司出品之研磨棒研磨樣品至全碎；加入 33 μ L 之 20% sodium dodecyl sulfate (SDS)震盪混合後，放入加熱器，以 65°C 加熱 10 分鐘熱後，再加入 160 μ L 5 M Potassium acetate (KAC)震盪，置入離心機，以 13,500 g 離心 10 分鐘，將上清液倒入新的離心管中，再進行第二次離心，後取 500 μ L 上清液，置入新的離心管中，加入 250 μ L isopropanol 震盪後，再離心 10 分鐘。之後小心地將 isopropanol 倒出，再加入 500 μ L 80% ethanol，離心 5 分鐘後，將 ethanol 倒出，於室溫下乾燥 1 小時，使 ethanol 完全揮發。乾燥後加入 500 μ L 之 ddH₂O，並置於-20

°C 冰箱儲存^(9,23)。

2. 聚合酶連鎖反應(polymerase chain reaction, PCR): 取 5 μ L 之 DNA 樣品, 加入 2.5 μ L 10x PCR reaction buffer (Invitrogen)、1.25 μ L 50 mM $MgCl_2$ (Invitrogen)、2 μ L 10 mM dNTP、13.15 μ L ddH₂O 與 Taq DNA polymerase (5 U/ μ L, Invitrogen)、以及 primer PAL1v1978 (10 μ M) 與 PAR1c715 (10 μ M) 各 0.5 μ L。利用 pMD18-T Vector (Takara, Dalian, China) 進行 PCR 反應。PCR 設定 30 cycles, 以 94°C 做變性 1 分鐘, 以 55°C 做黏合 2 分鐘, 以 72°C 做 extension 2 分鐘。
3. 電泳: 取 5 μ L PCR 產物與 1 μ L loading buffer 混合, 置於 1.2 % 洋菜膠片上, 以 100 伏特電壓進行電泳半小時, 之後將膠片置於 0.5 μ g/mL EtBr 中浸泡 20~30 分鐘, 於波長 312 nm 之紫外燈下觀測及照相。TYLCV 之 DNA 大小約為 1.5 Kb。

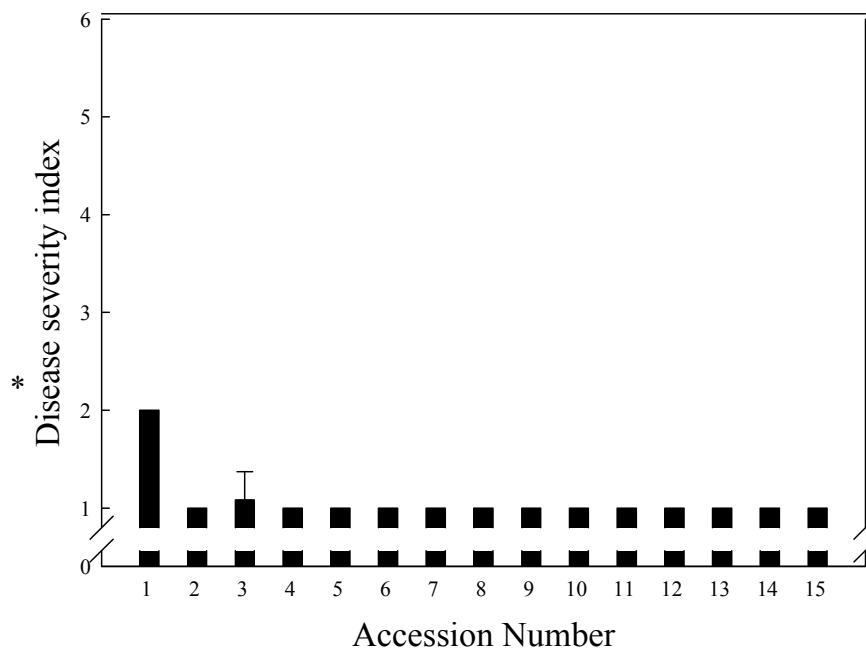
三、統計分析

統計方式為以最小顯著差異(least significant difference, LSD)比較平均數, 處理或品種間達 5% 水準時, 即代表具有顯著差異。

結 果

本研究利用亞洲蔬菜研究發展中心所提供帶有不同 *Ty* 基因組合之番茄育種品系 14 個, 於番茄苗期以帶有 TYLCTHV 之銀葉粉蝨接種, 並調查接種 TYLCTHV 後各時期各品系病徵表現、發病率以及植株中 TYLCTHV 有無, 以瞭解不同 *Ty* 基因組合對於 TYLCTHV 之抗病能力。結果顯示, 不帶有任何 *Ty* 基因之 1 號番茄於接種 TYLCTHV 後第 7 天植株病徵即達 2 級, 顯著高於所有番茄品系, 而 3 號番茄僅帶有一個 *Ty2* 基因, 亦出現輕微的病徵達 1.1 級, 而其餘各品系皆無病徵表現(圖一)。番茄接種 TYLCTHV 後第 14 天, 作為感病對照組的 1 號番茄植株病徵表現達 4 級, 顯著高於所有番茄品系; 單獨帶 *Ty1* 基因的 2 號番茄出現輕微病徵, 病徵等級為 1.7 級, 除顯著低於 1 號及 3 號番茄, 並與 5 號番茄無顯著差異, 且其病徵等級皆顯著高於其它 11 個番茄品系; 單獨帶 *Ty2* 基因的 3 號番茄病徵達 3 級, 除顯著低於 1 號番茄, 其病徵程度皆顯著高於其餘品系; 單獨帶 *Ty3* 基因的 5 號番茄亦出現 1.8 級的病徵; 其餘各品系番茄皆無病徵表現(圖二)。接種 TYLCTHV 後第 21 天, 對照組的 1 號番茄植株病徵表現已達 5 級, 顯著高於所有番茄品系; 單獨帶有 *Ty2* 基因的 3 號番茄植株病徵程度維持在 3 級, 除顯著低於 1 號番茄, 其病徵程度皆顯著高於其它番茄品系; 而其餘各品系皆無病徵表現(圖三)。接種後第 28 天, 1 號番茄植株病徵達最高的 6 級, 顯著高於所有番茄品系; 單獨帶 *Ty2* 基因的 3 號番茄病徵程度達 3.7 級, 除顯著低於 1 號番茄, 其病徵程度皆顯著高於無病徵表現之其餘各品系(圖四)。調查及分析接種 TYLCTHV 後之植株發病比率及檢測植株中有無病毒, 結果顯示, 不帶任何抗病基因的 1 號番茄植株發病率達 100%, 其所有植株亦皆檢測出 TYLCTHV 之存在。單獨帶有 *Ty1* 及 *Ty3* 基因的 2 號及 6 號番茄植株之發病率為 0, 且所

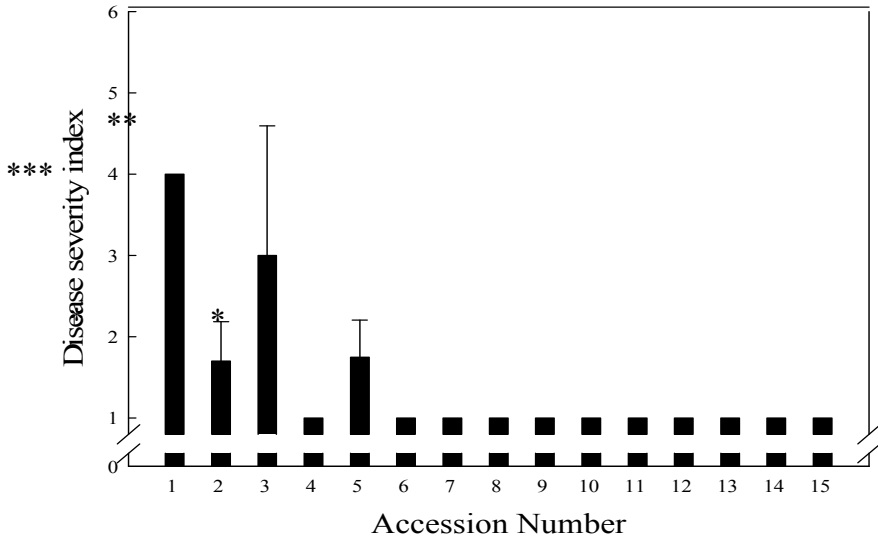
有植株皆未檢測出 TYLCTHV；然另一單獨帶有 *Ty3* 基因之 5 號番茄，其植株發病率為 30%，病毒檢出率亦達 80%；單獨帶有 *Ty2* 基因的 4 號番茄植株發病率為 0%，病毒檢出率為 9%，然另一單獨帶有 *Ty2* 基因的 3 號番茄植株發病率及病毒檢出率則皆為 17%。單獨帶有 *Ty3a* 基因的 9 號番茄植株發病率為 0%，然病毒檢出率為 67%。單獨帶有 *ty5* 基因的 7 號番茄植株發病率為 0%，病毒檢出率為 80%。同時帶有 *Ty2* 及 *Ty3* 基因的 11、12 及 13 號番茄品系，植株發病率皆為 0%，而病毒檢出率最低為 30%。同時帶有 *Ty2* 及 *Ty3a* 基因的 10 號番茄，其植株發病率為 0%，病毒檢出率為 20%。同時帶有 *Ty2* 及 *ty5* 基因的 8 號番茄，植株發病率為 0%，病毒檢出率為 91%。同時帶有 *ty5* 及 *Ty6* 基因的 14 及 15 號番茄品系，植株發病率皆為 0%，而病毒檢出率最低為 17% (表二)。



圖一、番茄 15 個品系接種番茄黃化捲葉泰國病毒後 7 天之發病指標

Fig. 1. The disease severity index in 15 tomato lines after inoculation with *Tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV) for 7 days

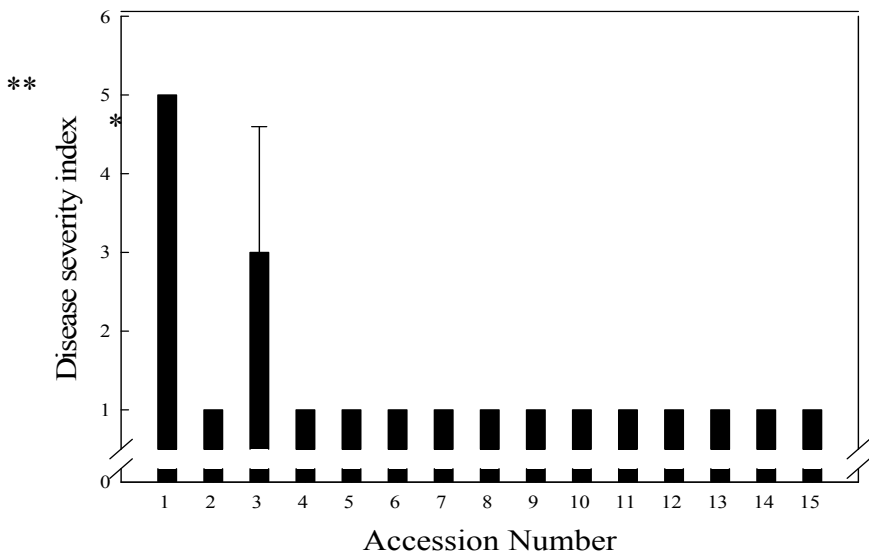
*denotes significant difference at $p < 0.05$ among lines by Fisher's protected least significant difference (LSD) test. Bar indicates standard error (SE).



圖二、番茄 15 個品系接種番茄黃化捲葉泰國病毒後 14 天之發病指標

Fig. 2. The disease severity index in 15 tomato lines after inoculation with *Tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV) for 14 days

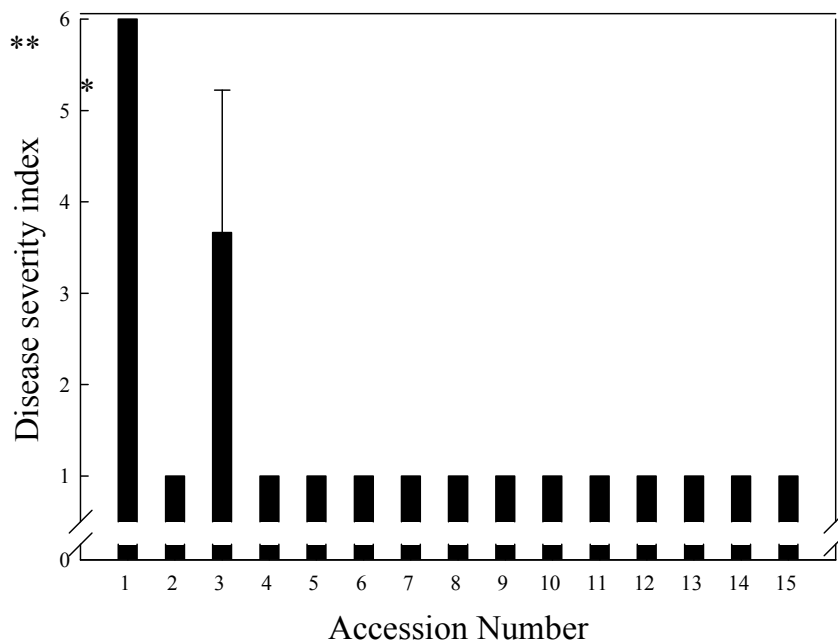
*, **, *** denotes difference significant at $p < 0.05$, $P < 0.01$ and $P < 0.001$ among lines by Fisher's protected least significant difference (LSD) test, respectively. Bar indicates standard error (SE).



圖三、番茄 15 個品系接種番茄黃化捲葉泰國病毒後 21 天之發病指標

Fig. 3. The disease severity index of 15 tomato lines after inoculation with *Tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV) for 21 days

*, ** denotes difference significant at $p < 0.05$ and $P < 0.01$ among lines by Fisher's protected least significant difference (LSD) test, respectively. Bar indicates standard error (SE).



圖四、番茄 15 個品系接種番茄黃化捲葉泰國病毒後 28 天之發病指標

Fig. 4. The disease severity index in 15 tomato lines after inoculation with *Tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV) for 28 days

*,** denotes difference significant at $p < 0.05$ and $P < 0.01$ among lines by Fisher's protected least significant difference (LSD) test, respectively. Bar indicates standard error (SE).

討 論

番茄中不同 *Ty* 抗病基因組合及 TYLCV 生理小種之差異，影響番茄品種(系)對於 TYLCD 之抗病程度⁽²⁴⁾。近年來 TYLCTHV 逐漸取代 TYLTWV，成為導致臺灣栽培番茄時發生 TYLCD 之主要病毒生理小種，許多原對於 TYLTWV 具抗病性之番茄品種，近年來亦失去對 TYLCD 之抗病能力⁽¹²⁾。因此本研究期瞭解番茄中不同 *Ty* 基因及其組合對於 TYLCTHV 抗病力之影響，作為番茄抗 TYLCTHV 育種時之參考。

本研究比較單獨帶有 1 個 *Ty* 基因的番茄材料對於 TYLCTHV 之抗病能力，以部分單獨帶有 *Ty1* 或 *Ty3* 者，對於 TYLCTHV 有最低之植株發病率及病毒檢出率，且大多數番茄品系於接種後各時期皆無病徵表現，部分番茄品系雖於接種 TYLCTHV 後第 14 天，有觀察到輕微病徵，然至接種後第 28 天植株確有健康回復現象。基因座定位研究指出，*Ty1* 及 *Ty3* 基因為等位基因，並負責編譯一個依賴 RNA 之 RNA 聚合酶(RNA-dependent RNA polymerase)，目前推測此依賴 RNA 之 RNA 聚合酶在植物感染雙生病毒後，可使病毒 DNA 甲基化，以抑制病毒轉錄作用，進而使病毒基因靜默⁽³⁰⁾。又部分單獨帶 *Ty3* 基因之番茄品系，雖於接種後各時期之病徵皆小於 2 級，然植株發病率及

病毒檢出率確較高於部分單獨帶有 Ty1 或 Ty2 基因之番茄材料。相關研究指出，相較於 Ty1 及 Ty2 係單一顯性之抗病基因，Ty3 則為不完全顯性之抗病基因，其抗病特性屬於加成效果⁽⁴⁾。單獨帶有 Ty3a 或 ty5 基因之番茄植株，於接種 TYLCTHV 後各時期，植株皆無病徵表現，然皆有 60% 以上之植株檢測出病毒，故可推測，TYLCTHV 感染了帶有單一 Ty3a 或 ty5 抗病基因之番茄後，即使植株無病徵顯現，病毒仍可於植株內順利進行遺傳物質複製及累積。

表二、不同 Ty 基因組合的番茄接種番茄黃化捲葉泰國病毒後之抗病力

Table 2. Disease resistant ability to *tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV) after inoculation in tomato lines with different Ty gene combinations

Accession number	Ty gene	Days After Inoculation (DAI)				Disease plants (%)	PCR+ (%)
		7	14	21	28		
1	S	2.0	4.0	5.0	6.0	100	100
2	Ty1	1.0	1.7	1.0	1.0	0	0
3	Ty2	1.1	3.0	3.0	3.7	17	17
4	Ty2	1.0	1.0	1.0	1.0	0	9
5	Ty3	1.0	1.8	1.0	1.0	30	80
6	Ty3	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0
7	ty5	1.0	1.0	1.0	1.0	0	80
8	Ty2+ty5	1.0	1.0	1.0	1.0	0	91
9	Ty3a	1.0	1.0	1.0	1.0	0	67
10	Ty2+Ty3a	1.0	1.0	1.0	1.0	0	20
11	Ty2+Ty3	1.0	1.0	1.0	1.0	0	33
12	Ty2+Ty3	1.0	1.0	1.0	1.0	0	100
13	Ty2+Ty3	1.0	1.0	1.0	1.0	0	30
14	ty5+Ty6	1.0	1.0	1.0	1.0	0	25
15	ty5+Ty6	1.0	1.0	1.0	1.0	0	17

許多植物與病原相互作用的研究已證實，利用雜交或回交育種方法堆疊 2~3 個抗病基因，可使植物獲得廣泛且較強之抗病能力。蔬菜作物中已有許多利用堆疊多個抗病基因，成功抵抗病毒性病害的例子，如菜豆普通嵌紋病毒(*Bean common mosaic virus*, BCMV)及番椒葉脈斑駁病毒(*Pepper veinal mottle virus*, PVMV)^(3,17)。

本研究中同時帶有 Ty2 及 Ty3 基因之番茄品系，於接種 TYLCTHV 後各時期皆無病徵表現，植株病毒檢出率介於 30~100%。Prasanna 等人(2015)亦證實，Ty3 基因對於許多單基因體組雙生病毒及雙基因體組雙生病毒皆表現相當高的抗病能力，如能在育種過程中與 Ty2 基因進行堆疊，將可增強其對於 TYLCV 之抗病能力⁽²⁴⁾。同時帶有 Ty2 及 Ty3a 基因的番茄在接種 TYLCTHV 後各時期皆無病徵表現，且植株病毒檢出率亦較單獨帶有 Ty3a 基因者低，Mejia 等人(2007)指出，同時堆疊

Ty2 與 *Ty3a* 基因將使植株對於雙基因體組雙生病毒產生更佳之抗病能力⁽¹⁹⁾。同時帶有 *Ty2* 及 *ty5* 基因的番茄，雖於接種後各時期皆無病徵表現，然而其植株內病毒檢出率為 91%，皆較單獨帶有 *Ty2* 或 *ty5* 番茄高。而同時帶有 *ty5* 及 *Ty6* 基因的番茄於接種 TYLCTHV 後各時期植株皆無病徵表現，且植株病毒檢出率亦皆低於 30%。*ty5* 基因為隱性抗病基因，當 *ty5* 堆疊其它 *Ty* 基因時，可使番茄對於 TYLCV 產生較高之抗病能力⁽¹¹⁾，Scott 和 Hutton (2015)亦證實，同時堆疊 *ty5* 及 *Ty6* 基因可有效提升番茄對 TYLCD 之抗病能力⁽²⁹⁾，與本研究結果相符。

番茄對於 TYLCTHV 之抗病能力主要可從感染病毒後之植株病徵表現、發病率及植株中病毒存在情形進行評估。由本研究結果可得知，單獨帶有 *Ty1* 基因及部分單獨帶有 *Ty3* 基因之番茄品系於接種 TYLCTHV 後，植株發病率及病毒檢出率皆為 0%。部分單獨帶有 *Ty2* 基因者於接種 TYLCTHV 後各時期，植株病徵程度及發病率皆較同時帶有 *Ty2* 及 *Ty3* 基因的番茄高，可知 *Ty3* 基因的加入可降低番茄植株在感染 TYLCTHV 後之病徵表現程度及發病率。同時帶有 *Ty2* 及 *Ty3* 基因的番茄，雖於接種 TYLCTHV 後無病徵表現，然其病毒檢出率仍介於 30~100%，因此如於番茄中堆疊 *Ty1*、*Ty2* 及 *Ty3* 基因應可同時降低番茄感染 TYLCTHV 後之植株發病率及病毒檢出率。研究結果亦顯示，同時帶有 *ty5* 及 *Ty6* 基因的番茄，不僅在接種 TYLCTHV 後各階段無病徵表現，且植株中病毒檢出率亦皆低於 30%。因此臺灣進行番茄抗 TYLCTHV 育種時，如可於番茄中同時堆疊 *Ty1*、*Ty2* 及 *Ty3* 基因，或同時堆疊 *ty5* 及 *Ty6* 基因，應可使番茄在感染 TYLCTHV 後有最低之植株發病率及病毒檢出率，而使選育出之番茄新品種(系)對於 TYLCTHV 有最佳抗(耐)病能力。惟進行相關抗病育種時，應先瞭解不同 *Ty* 基因組合之雜交成功率，以及不同 *Ty* 基因與番茄各項園藝性狀之遺傳相關性，方可在最短時間內選育出符合市場需求且具優良抗病能力的番茄品種(系)供農民使用。

誌 謝

本研究承蒙亞洲蔬菜研究發展中心病毒組及育種組協助提供試驗材料、病毒接種及分析場地，謹致謝忱。

參考文獻

1. Agrama, H. A. and J. W. Scott, 2006. Quantitative trait loci for tomato yellow leaf curl virus and tomato mottle virus resistance in tomato. *J. Am. Hortic. Sci.* 131: 267-272.
2. Anbinder, I., M. Reuveni, R. Azari, I. Paran, S. Nahon, H. Shlomo, L. Chen, M. Lapidot and I. Levin. 2009. Molecular dissection of Tomato leaf curl virus resistance in tomato line TY172 derived from *Solanum peruvianum*. *Theor. Appl. Genet.* 119: 519-530.
3. Caranta C., A. Palloix, K. Gebre-Selassie, V. Lefebvre, B. Moury and A. M. Daubeze. 1996. A complementation of two genes originating from susceptible *Capsicum annum* lines confers a new

- and complete resistance to pepper veinal mottle virus. *Phytopathology* 86: 739-43.
4. Caro, M., M. G. Verlaan, O. Julián, R. Finkers, A. M. A. Wolters, S. F. Hutton, J. F. Scott, R. Kormelink, R. G. F. Visser, M. J. Díez, A. Pe´rez-de-Castro and Y. Bai. 2015. Assessing the genetic variation of Ty-1 and Ty-3 alleles conferring resistance to tomato yellow leaf curl virus in a broad tomato germplasm. *Mol. Breed.* 35: 132-144.
 5. Czosnek, H. and H. Laterrot. 1997. A worldwide survey of tomato yellow leaf curl viruses. *Arch. Virol.* 142: 1391-1406.
 6. Chen, H. M., Y. L. Chen, M. Yoshida, P. Hanson and R. Schafleitner. 2015. Multiplex PCR for detection of tomato yellow leaf curl disease and root-knot nematode resistance genes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Int. J. Plant Breed. Genet.* 2: 44-56.
 7. De Kouchkovsky, F., I. Jupin, L. Wartig, M. Bendhamane, A. Kheyr-Pour, F. Jouanneau, G. P. Accotto and B. Gronenborn. 1993. Molecular biology of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) and potential ways to control the disease. Technomic Publishing. p.227-238.
 8. Fauquet, C. M. and J. Stanley. 2005. Revising the way we conceive and name viruses below the species level: a review of geminivirus taxonomy calls for new standardized isolate descriptors. *Archives of Virology* 150, 2151-79.
 9. Green, S. K., Y. Sulgo and D. E. Lesemann. 1987. Leaf curl virus on tomato in Taiwan province. *FAO plant prot. Bull.* 35: 62.
 10. Hanson, P., S. K. Green and G. Kuo. 2006. Ty-2, a gene on chromosome 11 conditioning geminivirus resistance in tomato. *Tomato Genet. Coop. Rep.* 56: 17-18.
 11. Hutton, S. F., J. W. Scott and D. J. Schuster. 2012. Recessive Resistance to Tomato yellow leaf curl virus from the tomato cultivar Tyking is located in the same region as Ty-5 on chromosome 4. *Hort. Sci.* 47: 324-327.
 12. Jan, F. J., S. K. Green, S. L. Shih, L. M. Lee, H. Ito, J. Kimbara, K. Hoai and W.S. sai. 2007. Report of Tomato yellow leaf curl Thailand virus in Taiwan. *Plant Dis.* 91: 1363.
 13. Ji, Y. and J. W. Scott. 2006. Ty-3, a begomovirus resistance locus linked to Ty-1 on chromosome 6 of tomato. *Tomato Genet. Coop. Rep.* 56: 22-25.
 14. Ji, Y., J. W. Scott, D. P. Maxwell and D. J. Schuster. 2008. Ty-4, a tomato yellow leaf curl virus resistance gene on chromosome 3 of tomato. *Tomato Genet. Coop. Rep.* 58: 29-31.
 15. Ji Y., J. W. Scott, D. J. Schuster and D. P. Maxwell. 2009. Molecular mapping of Ty-4, a tomato yellow leaf curl virus resistance locus on chromosome 3 of tomato. *Journal of American Society of Horticultural Science* 134, 281-8.
 16. Kheyr-Pour, A., M. Bendahmane, V. Matzeit, G. P. Accotto, S. Crespi and B. Gronenborn. 1991.

- Tomato yellow leaf curl virus from Sardinia is a whitefly-transmitted monopartite geminivirus. *Nucl. Acids Res.* 19: 6763-6769.
17. Kelly J. D., L. Afanador and S. D. Haley. 1995. Pyramiding genes for resistance to Bean common mosaic virus. *Euphytica* 82, 207-12.
 18. Lapidot, M. and M. Friedmann. 2002. Breeding for resistance to whitefly-transmitted geminivirus. *Assoc. of Appl. Biol.* 140: 109-127.
 19. Mejia, L., R. E. Teni, B. E. Garcia, A. C. Fulladolsa and L. Mendez. 2010. Preliminary observations on the effectiveness of five introgressions for resistance to begomoviruses in tomatoes. *Rpt. Tomato Genet. Coop.* 60: 41-53.
 20. Moriones E. and J. Navas-Castillo. 2000. Tomato yellow leaf curl virus, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus Research* 71, 123-34.
 21. Navot, N, E. Pichersky, M. Zeidan, M., D. Zamir and H. Czosnek. 1991. Tomato yellow leaf curl virus: a whitefly-transmitted geminivirus with a single genome component. *Virology* 185: 151-161.
 22. Nakhla, M. K. and D. P. Maxwell. 1998. Epidemiology and management of tomato yellow leaf curl disease. In: *Plant Virus Disease Control*, p.565-583. St. Paul, MN: APS Press.
 23. Pico, B., M. J. Diez and F. Nuez. 1996. Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop. II. The tomato yellow leaf curl virus - a review. *Scientia Hort.* 67: 151-196.
 24. Prasanna, H. C., D. P. Sinhaa, G. K. Raia, R. Krishnaa, S. P. Kashyapa, N. K. Singha, M. Singha and V.G. Malathib. 2014. Pyramiding Ty-2 and Ty-3 genes for resistance to monopartite and bipartite tomato leaf curl viruses of India. *Plant Pathology.* 64, 256-264.
 25. Ridgen, J. E., I. B. Dry, P. M. Mullineaux and M.A. Rezaian. 1993. Mutagenesis of the virion-sense open reading frames of Tomato leaf curl geminivirus. *Virology* 193: 1001-1005.
 26. Rochester, D. E., W. Kosiratana and R.N. Beachy. 1990. Systemic movement and symptom production following agroinoculation with a single DNA of tomato yellow leaf curl geminivirus (Thailand). *Virology* 178: 520-526.
 27. Rochester, D. E., J. J. de Paulo, C. M. Fauquet and R.N. Beachy. 1994. Complete nucleotide sequence of the geminivirus tomato yellow leaf curl virus, Thailand isolate. *J. Gen. Virol.* 75: 477-485.
 28. Rojas, M. R., H. Jiang, R. Salati, B. Xoconostle-Casares, M. R. Sudarshana, W. J. Lucas and R. L. Gilbertson. 2001. Functional analysis of proteins involved in movement of the monopartite Begomovirus, tomato yellow leaf curl virus. *Virology* 291: 110-125.
 29. Scott, J. W. and S. F. Hutton. 2015. Fla. 8638B and Fla. 8624 Tomato Breeding Lines with Begomovirus Resistance Genes ty-5 Plus Ty-6 and Ty-6, respectively. *Hort Science.* 50: 1405-1407.

30. Verlaan, M. G., S. F. Hutton and R. M. Ibrahim. 2013. The Tomato yellow leaf curl virus resistance genes Ty-1 and Ty-3 are allelic and code for DFDGD-class RNA-dependent RNA polymerases. *PLoS Genetics* 9, e1003399.
31. Zamir, D., I. Ekstein-Michelson, Y. Zakay, N. Navot, M. Zeidan, M. Sarfatti, Y. Eshed, E. Harel, T. Pleban, O. Hv, N. Kedar, H.D. Rabinowitch and H. Czosnek. 1994. Mapping and introgression of a tomatoyellow leaf curl virus tolerance gene, TY-1. *Theor. Appl. Genet.* 88: 141-146.

Study on the Disease Resistant Ability to *Tomato Yellow Leaf Curl Thailand Virus* (TYLCTHV) in Tomato Lines with Different Combinations of *Ty* Genes¹

Yu-Heng Lin² and Jui-Shin Chang²

ABSTRACT

Breeding tomato varieties (lines) resistant to *tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV) is one of the important strategies for disease resistance breeding of tomato in Taiwan. Understanding the disease resistant ability to TYLCTHV among different combinations of *Ty* genes in tomato will be helpful for TYLCTHV resistance breeding. In this study, the disease incidence and virus detected rate of the tomato breeding line with single *Ty1* gene and part breeding lines with single *Ty3* were showed both 0% at 28 days after inoculating with TYLCTHV. Some of the tomato breeding lines with single *Ty2* gene showed 3.7 of severity index on 28 days after inoculation with the plant disease incidence and virus detected rate both 17%. The breeding line with single *ty5* gene showed no disease symptoms in each stage after inoculation, the detection rate of TYLCTHV in the plants was 80%. The tomato breeding lines with the *Ty2* and *Ty3* gene combination showed no disease symptoms in all stages after inoculation with TYLCTHV, and the lowest virus detection rate was 30%. The tomato line with the *Ty2* and *ty5* gene combination showed no disease symptoms in all stages after inoculation, but the virus detection rate was 91%. The tomato lines with the *ty5* and *Ty6* gene combination all showed no disease symptoms in all stages after inoculation, and the lowest virus detection rate was 17%. The results showed the best TYLCTHV resistance ability of tomato varieties (lines) can be obtained by pyramiding with *Ty1*, *Ty2* and *Ty3* genes, or pyramiding with *ty5* and *Ty6* genes in tomato TYLCTHV resistance breeding procedure in Taiwan.

Key words: tomato, disease resistance breeding, *tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV), *Ty* gene

¹Contribution No. 0942 from Taichung DARES, COA.

²Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

國產良質米與進口米冷熱飯食用特性比較之研究¹

王柏蓉²、楊嘉凌²、洪梅珠²

摘 要

本試驗以國產之台梗9號、台南11號、台梗14號、台梗16號、台農71號及高雄145號等6個良質米推廣品種，以及自美國、泰國、越南、日本等國進口之6種市售白米為材料，應用質地分析(texture profile analysis, TPA)與官能品評評估冷熱飯食用品質。在18°C冷飯質地分析結果方面，國內參試品種台梗14號及台梗9號之冷飯韌度、硬度、附著性及均衡度與福井越光米無顯著差異，但附著性顯著較新潟越光米高，顯示台梗14號及台梗9號具有冷飯型式發展潛力。熱飯官能品評結果顯示，國內參試品種除台農71號外，其餘總評均等同於對照，而進口米除北海道高橋滕月米等同對照外，其餘均低於對照；18°C冷飯品評結果顯示國內參試品種除台農71號及高雄145號較對照差，其餘均等同對照，而進口米以北海道高橋滕月米與福井越光等同對照外，其餘均劣於對照。本試驗顯示參試之國內品種食味多數較進口者佳，唯冷藏後多數品種之硬度增加，導致平衡度降低，顯示我國良質米品質仍具競爭力，但在澱粉老化特性上仍有改善空間。

關鍵詞：18°C冷飯、梗稻、食味品質、質地分析

前 言

臺灣加入世界貿易組織(World Trade Organization, WTO)開放稻米進口後，對國內稻米產業影響甚鉅，唯有提升稻米品質，才能強化競爭力⁽³⁾。國內各試驗改良場所之水稻育種工作主要針對生產栽培的適應性、穩定性、產量及利用特性選育品種，對於壽司、御飯糰等冷飯消費形式所需之研究相對較少。已知60°C的米飯最佳賞味期為4 hr，經衛生福利部委託食品工業研究所調查，18°C的米飯製品可保存24 hr以上⁽¹⁰⁾，目前18°C冷飯已廣泛應用於臺灣簡餐店及便利商店所販售御飯糰與調理米飯類產品的產製。然而米飯中的澱粉在加熱糊化之後，會隨著儲放時間的延長，以及儲放溫度的降低而有老化的狀況，造成食用品質的劣化⁽¹¹⁾。相對標註品種名稱之品種，其優良之食味品質廣受消費者青睞；臺灣歷年優良水稻推廣品種中，台梗14號為廣泛栽培於北部地區之主要品種，台南11號則為國內栽培面積最多之栽培品種。本試驗即以上述6個國內主要栽培之梗稻品種，以及6種市售國外品種(白米)為檢定材料，進於日本有吃冷飯習慣，其在品種選育程序中常將冷飯食味品質列為評估項目，從而研發口感

¹ 臺中區農業改良場研究報告第 0926 號。

² 臺中區農業改良場助理研究員、副研究員兼作物改良課課長、研究員兼副場長。

較軟黏，冷飯及微波加熱風味較佳的品種⁽⁴⁾，而我國水稻推廣品種相關冷飯品質之評估程序及資訊則闕如。台稈9號、台稈16號、台農71號及高雄145號為臺灣市售小包裝米中，會特別行冷熱飯食味品質之評估，作為品種選擇與育種之參考，期增加稻米消費量及提升國產稻米競爭力。

材料與方法

一、試驗材料

- (一)國內品種：以臺中區農業改良場2014年一期作採相同肥培管理模式生產之台稈9號(Taikeng 9, TK9)、台南11號(Tainan 11, TN11)、台稈14號(Taikeng 14, TK14)、台稈16號(Taikeng 16, TK16)、台農71號(Tainong 71, TNG71)、高雄145號(Kaohsiung 145, KS145)等6個品種為試驗材料。
- (二)進口白米：2014年9月購自消費市場之越南粳米(散裝)、日本福井縣產越光米(2014年4月28日碾製)日本新潟縣產越光米(2014年6月1日碾製)、日本北海道產高橋藤月米(2014年8月8日碾製)、美國壽司米(2014年4月28日碾製)、泰國皇家香米(2014年8月28日碾製)等國外品種之市售白米。

二、碾米品質(milling quality)

國內水稻品種以收穫的稻穀經乾燥調製後，每一品種取二重複，每重複稱量125 g的稻穀進行糙米率、白米率、完整米率測定。測定方法如下：

- (一)糙米率(brown rice percentage)：將前述125 g的稻穀用小型脫殼機(Satake Rice Machine, Satake Engineering Co, Tokyo, Japan)除去稻殼，並測量其糙米重量，計算糙米重量與稻穀重量之比值即為糙米率。
- (二)白米率(milled rice percentage)：用測糙米率之糙米經精米機碾白(McGill No. 2 Rice Miller, Seedburo Equipment Co., Chicago, USA)碾磨1 min，所得精白米秤重後，計算白米重量與稻穀重量之比值即為白米率。
- (三)完整米率(head rice percentage)：將上述完成精白之樣品經完整米粒篩選機(Rice Size Device, Seedburo Equipment Co., Chicago, USA)去除碎米及保留完整米，秤其完整米重量，計算完整米重量與稻穀重量之比值即為完整米率。

三、白米外觀(rice appearance)之測定

- (一)米粒透明度(translucency)：依白米的透明程度由透明玻璃般的0級至糯稻般的5級，分為六級。
- (二)心白(white center)、腹白(white belly)與背白(white back)：依白堊質(chalkiness)在米粒的心部、與胚同側的腹部與胚異側的背部中加深或擴大的程度，由無白堊質的0級至糯稻般的5級，共分為六級。

四、白米理化性質之測定

- (一)直鏈澱粉及粗蛋白含量測定：將白米以磨粉機磨成通過60 mesh篩網之白米粉末，測定其直鏈澱粉含量(amylose content)、粗蛋白質含量(protein content)，其中直鏈澱粉含量以自動分析儀(Autoanalyzer, Alpkem Co., USA.)、粗蛋白質含量以近紅外線光譜分析儀(Infra Analyzer 500, Technicon)測定。
- (二)凝膠展延性：以0.2 N氫氧化鉀溶液加熱溶解通過100 mesh篩網，所得白米細粉末後之冷卻凝膠展流長度來決定。

五、米飯質地分析(texture profile analysis of cooked rice)

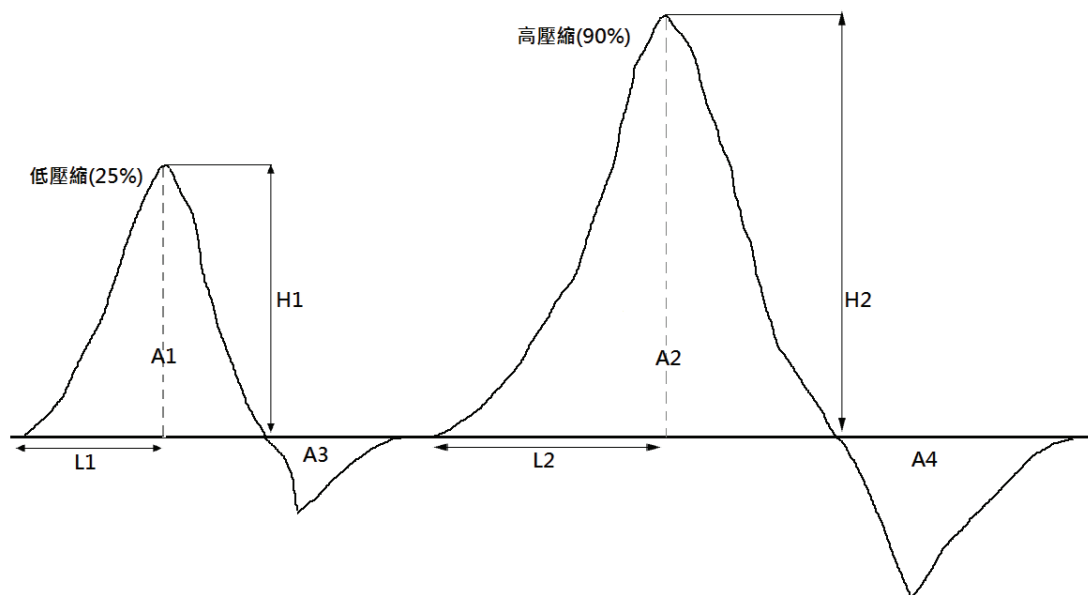
- (一)米飯調製：每樣品秤取白米200 g放入內鍋，以強勁水流沖洗攪拌3次並瀝乾水分後，加入過濾水，加水量為米重之1.35倍。浸泡30 min後，移入3人份電子鍋，按下開關進行蒸煮。待開關跳起並燜20 min後，將飯攪鬆，蓋上紗布放置1 hr後供測。
- (二)18°C冷飯調製：冷飯調製前處理與上述相同，並在放置1 hr後加蓋密封移至10°C恆溫箱放置2 hr，其間每半小時測量炊飯容器內表層、中心及底部三層米飯中心點之溫度，均溫達18°C時即可將容器內上中下層米飯充分攪拌，並移至18°C恆溫箱待測，於半小時內品評完畢。
- (三)質地分析：調製好的樣品係利用食品物性分析儀(Texturometer, Tensipresser My Boy SystemII)所附之套組秤取10 g之米飯壓製成等體積為樣品，經低壓縮率(25%)及高壓縮率(90%)之二次擠壓⁽¹⁴⁾(如圖一)，本研究測定項目如下：
- 硬度(hardness)：H2。樣品經高壓縮下壓所需最大力量值。
- 韌度(toughness)： $(A2 / A1) \times H1 \times (L2 / L1)$ 。咀嚼固體食物所需的能量。
- 附著性(adhesiveness)：A4。有黏性的樣品經過加壓變形之後，將探頭與樣品表面分離所需負向的力量均衡度(balance, adhesiveness / hardness)：A4 / H2。附著性與硬度之比值。
- 上述項目如圖一所示。

結 果

一、國內不同水稻品種稻米品質比較

(一)碾米品質

本試驗所使用之國內水稻品種材料為103年一期作在本場試驗田所生產之台梗9號、台南11號、台梗14號、台梗16號、台農71號、高雄145號稻穀碾製而成；糙米率介於82.7~83.3%，以高雄145號最高，台農71號最低；白米率介於72.2~75.9%，以高雄145號最高，台南11號、台梗16號及台梗14號次之，台梗9號及台農71號最低；完整米率介於60.0~71.7%，以高雄145號最高，其次為台南11號、台農71號、台梗16號及台梗9號，而以台梗14號最低，為60.0% (表一)。



圖一、米飯質地分析儀二次擠壓介量圖解

Fig. 1. Schematic drawings of texturometer 2 bites curves of rice

表一、國內參試水稻品種的碾米品質

Table 1. Milling quality of tested domestic rice varieties

Variety	Brown rice (%)	Milled rice (%)	Head rice (%)
TK9	82.8 ^{ab}	72.8 ^d	63.8 ^b
TN11	83.0 ^{ab}	74.1 ^b	65.6 ^b
TK14	82.9 ^{ab}	72.9 ^{cd}	60.0 ^c
TK16	83.0 ^{ab}	73.8 ^{bc}	64.2 ^b
TNG71	82.7 ^b	72.2 ^d	65.0 ^b
KS145	83.3 ^a	75.9 ^a	71.7 ^a

Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

(二)白米外觀

白米透明度以台南11號、台農71號及高雄145號優於台稈9號、台稈14號及台稈16號。心白以台稈16號最多、台南11號次之，台稈9號、台稈14號、台農71號及高雄145號最無心白；腹白以台稈14號最多、台稈9號次之，其次為台稈16號，台南11號、台稈14號，而台農71號及高雄145號則無腹白；背白以台稈9號最多，台稈16號次之，其次為台南11號、台

農71號及高雄145號則無背白。白米外觀以台農71號及高雄145號最佳，心腹背白皆為0(表二)。

表二、國內參試水稻品種白米外觀

Table 2. Appearance of tested domestic rice varieties

Variety	Translucency	White center	White belly	White back
TK9	4.0 ^a	0.00 ^c	0.27 ^b	0.97 ^a
TN11	3.5 ^b	0.25 ^b	0.00 ^d	0.60 ^c
TK14	4.0 ^a	0.00 ^c	0.52 ^a	0.43 ^d
TK16	4.0 ^a	0.39 ^a	0.15 ^c	0.77 ^b
TNG71	3.5 ^b	0.00 ^c	0.00 ^d	0.00 ^e
KS145	3.5 ^b	0.00 ^c	0.00 ^d	0.00 ^e

Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

(三)理化特性

直鏈澱粉含量介於15.8~17.7%，以台農71號為最高，其次依序為台南11號、台稈14號、高雄145號、台稈9號，而以台稈16號最低；粗蛋白質含量介於5.66~6.71%，以台農71號為最高，高雄145號次之，其次為台稈9號、台南11號、台稈14號，而以台稈16號最低；凝膠展延性以高雄145號最長，台農71號及台南11號次之，台稈9號、台稈14號及台稈16號較短，但所有國內水稻品種之膠體軟硬度皆屬軟膠體(表三)。

表三、國內參試水稻品種理化特性

Table 3. Physiochemical traits of tested domestic rice varieties

Variety	Amylose content (%)	Protein content (%)	Gel consistency (mm)
TK9	16.3 ^d	6.05 ^c	90S ^{c*}
TN11	17.7 ^b	5.96 ^c	96S ^b
TK14	17.4 ^c	5.96 ^c	90S ^c
TK16	15.8 ^c	5.66 ^d	91S ^c
TNG71	20.4 ^a	6.71 ^a	96S ^b
KS145	17.4 ^c	6.44 ^b	98S ^a

*Gel consistency type S: soft

Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

二、國內外稻米熱飯之質地分析

(一)國內品種

國內參試品種之熱飯韌度以台稉14號最高，並顯著高於台農71號、台稉9號、台稉16號及高雄145號，僅與台南11號無顯著差異；硬度以台南11號最高，顯著高於台稉16號、台稉9號、台農71號及高雄145號，然與台稉14號無顯著差異；附著性以台稉14號及台稉9號最高，顯著高於台稉16號、高雄145號及台農71號，但與台南11號無顯著差異；均衡度以高雄145號及台稉9號最高，顯著高於台南11號，但與台稉14號、台農71號及台稉16號無顯著差異(表四)。

表四、國內外參試稻米之熱飯質地特性分析

Table 4. Texture properties of cooked rice of domestic and imported rice varieties

Group	Variety	Toughness	Hardness	Adhesiveness	Balance
Domestic	TN11	55.8 ^{bcd}	71.9 ^a	58.5 ^{ab}	0.82 ^{cd}
	TK14	59.7 ^b	66.7 ^{abc}	63.7 ^a	0.97 ^{bc}
	TK16	51.0 ^{cdef}	57.0 ^c	54.4 ^{bc}	0.96 ^{bc}
	TNG71	56.4 ^{bcd}	47.0 ^d	44.6 ^d	0.96 ^{bcd}
	KS145	47.3 ^f	46.1 ^d	54.3 ^{bc}	1.19 ^b
	TK9	53.3 ^{cde}	52.8 ^{cd}	62.2 ^a	1.18 ^b
Imported	Sushi rice (USA)	56.7 ^{bc}	67.1 ^{ab}	50.3 ^{cd}	0.77 ^{cd}
	Hom Mali (Thailand)	69.0 ^a	71.8 ^a	49.7 ^{cd}	0.69 ^d
	Koshihikari (Niigata)	47.8 ^{ef}	46.4 ^d	51.6 ^c	1.15 ^b
	Oboro-zuki (Hokkaido)	40.3 ^g	36.0 ^e	52.9 ^{bc}	1.52 ^a
	Koshihikari (Fukui)	46.4 ^f	58.8 ^{bc}	55.5 ^{bc}	0.95 ^{bc}
	Japonica (Vietnam)	50.9 ^{def}	57.2 ^c	53.8 ^{bc}	0.94 ^{bc}

Value shown as Texturometer unit.

Values within the column followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

(二)進口白米

參試之進口米熱飯韌度以泰國香米最高，美國壽司米次之，依序顯著高於越南粳米、新潟越光米、福井越光米及北海道高橋滕月米；硬度以泰國香米最高，其次為美國壽司米、福井越光米及越南粳米，顯著高於新潟越光米及北海道高橋滕月米；進口米熱飯附著性介於49.7~55.5，各品項間無顯著差異；均衡度以北海道高橋滕月米最高，顯著高於新潟越光

米，其次為福井越光米及越南梗米，以美國壽司米及泰國香米最低。整體而言，泰國香米之韌度及硬度較高，而其附著性及均衡度較低(表四)。

(三)國內外品種綜合比較

綜合比較參試之國內各品種與進口米各品項之熱飯質地特性，發現國內參試品種之韌度介於47.3~59.7、參試之進口米介於40.3~69.0；國內參試品種之硬度介於46.1~71.9、參試之進口米介於36.0~71.8；國內參試品種之附著性介於44.6~63.7、參試之進口米介於49.7~55.5；國內參試品種之均衡度介於0.82~1.19、參試之進口米介於0.69~1.52。熱飯之韌度以泰國香米顯著最高，其次依序為台梗14號、美國壽司米、台農71號、台南11號、台梗9號、台梗16號、越南梗米、新潟越光米、福井越光米及高雄145號，以北海道高橋朦月米顯著最低；熱飯之硬度以台南11號及泰國香米最高，台梗14號及美國壽司米次之，其次為福井越光米、越南梗米、台梗16號、台梗9號、台農71號、新潟越光米及高雄145號，以北海道高橋朦月米顯著最低；熱飯之附著性以台梗14號及台梗9號顯著最高，台南11號次之，但與再次之福井越光米、台梗16號、高雄145號、越南梗米及北海道高橋朦月米無顯著差異，而較新潟越光米、泰國香米、美國壽司米及台農71號顯著較高；熱飯之均衡度以北海道高橋朦月米顯著最高，其次為高雄145號、台梗9號、新潟越光米、台梗14號、台梗16號、台農71號、福井越光米、越南梗米、台南11號、美國壽司米及泰國香米。

三、國內外稻米冷飯之質地分析

(一)國內品種

國內參試品種 18°C 冷飯質地分析結果如表五，韌度以台南 11 號最高，顯著高於台梗 16 號、高雄 145 號、台梗 14 號及台梗 9 號，但與台農 71 號無顯著差異；硬度以台南 11 號最高，顯著高於台梗 16 號、高雄 145 號、台梗 14 號及台梗 9 號，但與台農 71 號無顯著差異；台南 11 號、台梗 16、台梗 14 號及台梗 9 號之附著性顯著高於台農 71 號，但與高雄 145 號無顯著差異；台梗 9 號與台梗 14 號之均衡度顯著高於台南 11 號與台農 71 號，但與高雄 145 號及台梗 16 號無顯著差異。

(二)進口白米

參試之進口米 18°C 冷飯質地分析結果如表五，韌度以泰國香米最高，顯著高於越南梗米及北海道高橋朦月米，但與新潟越光米、美國壽司米及福井越光米無顯著差異；硬度以越南梗米、泰國香米、美國壽司米及福井越光米較高，顯著高於新潟越光米及北海道高橋朦月米；附著性以福井越光米最高，顯著高於泰國香米及美國壽司米，但與越南梗米、北海道高橋朦月米及新潟越光米無顯著差異；均衡度以北海道高橋朦月米最高，並顯著高於其他進口米。

表五、國內外參試稻米之18°C冷飯質地特性比較

Table 5. Texture properties of cooled 18°C rice of domestic and imported rice varieties

Group	Variety	Toughness	Hardness	Adhesiveness	Balance
Domestic	TN11	78.1 ^a	84.4 ^a	58.6 ^a	0.70 ^{cd}
	TK14	64.2 ^{bcd}	63.2 ^{cd}	58.5 ^a	0.94 ^b
	TK16	68.6 ^{bc}	69.2 ^{bc}	58.6 ^a	0.84 ^{bc}
	TNG71	71.7 ^{ab}	79.0 ^{ab}	46.5 ^{cd}	0.59 ^d
	KS145	67.3 ^{bcd}	63.9 ^{cd}	53.4 ^{abc}	0.85 ^{bc}
	TK9	62.3 ^{cd}	61.5 ^{cd}	57.6 ^a	0.95 ^b
Imported	Sushi rice (USA)	62.7 ^{bcd}	67.8 ^{cd}	44.9 ^d	0.67 ^{cd}
	Hom Mali (Thailand)	68.9 ^{bc}	68.2 ^{bcd}	46.3 ^{cd}	0.68 ^{cd}
	Koshihikari (Niigata)	60.4 ^{cd}	57.4 ^d	47.2 ^{bcd}	0.84 ^{bc}
	Oboro-zuki (Hokkaido)	46.2 ^e	42.5 ^e	48.5 ^{bcd}	1.21 ^a
	Koshihikari (Fukui)	62.6 ^{cd}	64.6 ^{cd}	54.6 ^{ab}	0.85 ^{bc}
	Japanica (Vietnam)	59.4 ^d	69.7 ^{bc}	51.9 ^{abcd}	0.76 ^{bcd}

Value shown as Texturometer unit.

Values within the column followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

(三)國內外品種綜合比較

綜合比較參試之國內品種與進口米之 18°C 冷飯質地特性如表五，國內參試品種 18°C 冷飯之韌度介於 62.3~78.1、參試之進口米品項介於 46.2~68.9；國內參試品種 18°C 冷飯之硬度介於 61.5~84.4、參試之進口米品項介於 42.5~69.7；國內參試品種 18°C 冷飯之附著性介於 46.5~58.6、參試之進口米各品項介於 44.9~54.6；國內參試品種 18°C 冷飯之均衡度介於 0.59~0.95、參試之進口米品項介於 0.67~1.21。18°C 冷飯之韌度以台南 11 號最高，顯著高於泰國香米、台梗 16 號、台梗 14 號、高雄 145 號、美國壽司米、福井越光米、台梗 9 號、新潟越光米及越南梗米，但與台農 71 號無顯著差異，而以北海道高橋朦月米顯著最低；18°C 冷飯之硬度以台南 11 號最高，顯著高於越南梗米、台梗 16 號、泰國香米、福井越光米、高雄 145 號、台梗 14 號、台梗 9 號、新潟越光米及美國壽司米，但與台農 71 號無顯著差異，而以北海道高橋朦月米顯著最低；18°C 冷飯之附著性以台梗 16 號、台南 11 號、台梗 14 號及台梗 9 號較高，顯著高於新潟越光米、台農 71 號、泰國香米及美國壽司米，但與福井越光米、高雄 145 號及越南梗米無顯著差異；18°C 冷飯之均衡度以北海道高橋朦月米最高，其次為台梗 9 號及台梗 14 號，顯著高於台南 11 號、泰國香米、美國壽司米及台農 71 號，但台梗 9 號及台梗 14 號與高雄 145 號、福井越光米、台梗 16 號、新潟越光米及越南梗米無顯著差異。

四、熱飯與冷飯質地之比較

(一)國內品種

利用食品物性分析儀分別測定 6 個國內參試品種之熱飯及冷飯的韌度、硬度、附著性及均衡度結果，顯示國內參試品種之米飯韌度及硬度皆以 18°C 冷飯處理組顯著高於熱飯處理組；附著性則在冷熱飯之間無顯著差異；均衡度則以熱飯處理組顯著高於 18°C 冷飯處理組(表六)。

表六、國內參試水稻品種冷熱米飯之質地特性比較

Table 6. Texture differences of cooked and cooled rice among tested domestic varieties

Treatment	Toughness	Hardness	Adhesiveness	Balance
Cooked rice	53.9 ^b	56.9 ^b	56.3 ^a	1.01 ^a
Cooled rice (18°C)	68.7 ^a	70.2 ^a	55.5 ^a	0.81 ^b

Value shown as Texturometer unit.

Values within the column followed with the same letters are not significantly different by Fisher's protected LSD at 5% level.

(二)進口白米

利用食品物性分析儀分別測定 6 種參試進口米之熱飯及冷飯的韌度、硬度、附著性及均衡度結果，顯示參試進口米之米飯韌度及硬度皆以 18°C 冷飯處理組顯著高於熱飯處理組；米飯之附著性與均衡度則在冷熱飯之間差異均不顯著(表七)。

表七、參試之進口米冷熱米飯之質地特性比較

Table 7. Texture differences of cooked and cooled rice among tested imported varieties

Treatment	Toughness	Hardness	Adhesiveness	Balance
Cooked rice	51.8 ^b	56.2 ^b	52.3 ^a	1.01 ^a
Cooled rice (18°C)	60.0 ^a	61.7 ^a	48.9 ^a	0.84 ^a

Value shown as Texturometer unit.

Values within the column followed with the same letters are not significantly different by Fisher's protected LSD at 5% level.

(三)國內外品種綜合比較

比較參試之國內各品種與進口米冷卻後質地特性變化結果如表八，米飯之韌度於冷卻後大多顯著提升(如台南 11 號、台梗 16 號、台農 71 號、高雄 145 號、台梗 9 號、新潟越光米、福井越光米及越南梗米)，而台梗 14 號、美國壽司米、泰國香米及北海道高橋朦月米之韌度，於冷卻前後無顯著差異；米飯之硬度於冷卻後顯著提升的有台南 11 號、台梗 16 號、台農 71 號、高雄 145 號、台梗 9 號、新潟越光米及越南梗米，而台梗 14 號、美國壽司米、泰國香米、北海道

高橋滕月米及福井越光米之硬度，於冷卻前後無顯著差異；參試之國內品種與進口米之附著性在冷卻前後均無顯著差異；台南 11 號、台稈 16 號、台農 71 號、高雄 145 號、台稈 9 號及越南稈米之均衡度於冷卻後顯著下降，而台稈 14 號、美國壽司米、泰國香米、新潟越光米、北海道高橋滕月米及福井越光米之均衡度，於冷卻前後則無顯著差異。

表八、各品種冷飯與熱飯之質地特性差異

Table 8. The differences of texture properties of cooked and cooled rice among the tested varieties

Variety	Treatment	Toughness	Hardness	Adhesiveness	Balance
TN11	Cooked rice	55.8	71.9	58.5	0.82*
	Cooled rice (18°C)	78.1**	84.4*	58.6	0.70
TK14	Cooked rice	59.7	66.7	63.7	0.97
	Cooled rice (18°C)	64.2	63.2	58.5	0.94
TK16	Cooked rice	51.0	57.0	54.4	0.96*
	Cooled rice (18°C)	68.6**	69.2**	58.6	0.84
TNG71	Cooked rice	56.4	47.0	44.6	0.96**
	Cooled rice (18°C)	71.7*	79.0**	46.5	0.89
KS145	Cooked rice	47.3	46.1	54.3	1.19**
	Cooled rice (18°C)	67.3**	63.9**	53.4	0.85
TK9	Cooked rice	53.3	52.8	62.6	1.18*
	Cooled rice (18°C)	63.3*	61.5*	57.6	0.95
Sushi rice (USA)	Cooked rice	56.7	67.1	50.3	0.77
	Cooled rice (18°C)	62.7	67.8	44.9	0.67
Hom Mali (Thailand)	Cooked rice	69.0	71.8	49.7	0.69
	Cooled rice (18°C)	68.9	68.2	46.3	0.68
Koshihikari (Niigata)	Cooked rice	47.8	46.4	51.6	1.15
	Cooled rice (18°C)	60.4**	57.4**	47.2	0.84
Oboro-zuki (Hokkaido)	Cooked rice	40.3	36.0	52.9	1.52
	Cooled rice (18°C)	46.2	42.5	48.5	1.21
Koshihikari (Fukui)	Cooked rice	46.4	58.8	55.5	0.95
	Cooled rice (18°C)	62.6**	64.6	54.6	0.85
Japonica (Vietnam)	Cooked rice	50.9	57.2	53.8	0.94*
	Cooled rice (18°C)	59.4*	69.7*	51.9	0.76

Value shown as Texturometer unit.

*,** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels by t-test, respectively.

五、國內外稻米之熱飯官能品評

國內參試品種官能品評結果顯示，米飯外觀僅台農 71 號劣於對照，高雄 145 號、台稈 16 號、台稈 14 號、台南 11 號及台稈 9 號皆等同對照；香氣以香米品種台農 71 號優於對照，

而高雄 145 號、台梗 16 號、台梗 14 號及台梗 9 號皆劣於對照，僅台南 11 號等同對照；口味以台農 71 號及台南 11 號劣於對照，高雄 145 號、台梗 16 號、台梗 14 號及台梗 9 號皆等同對照；黏度以台農 71 號、台梗 16 號、台梗 14 號及台南 11 號較對照弱，僅高雄 145 號及台梗 9 號等同對照；硬度以台農 71 號、高雄 145 號、台梗 14 號及台南 11 號比對照硬，而台梗 16 號及台梗 9 號等同對照；食味總評僅台農 71 號劣於對照，高雄 145 號、台梗 16 號、台梗 14 號、台南 11 號及台梗 9 號皆等同對照。整體而言，國內品種以台梗 9 號僅香氣劣於對照，其餘各食味指標表現均等同對照表現(表九)。

表九、國內外參試品種熱飯之官能品評

Table 9. The panel test of cooked rice of tested domestic and imported varieties

Variety	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
TNG71	-0.900C	1.125A	-0.900C	-1.000C	0.900A	-1.000C
KS145	-0.100B	-0.800C	-0.100B	-0.300B	0.600A	-0.300B
TK16	-0.125B	-0.600C	0 B	-0.375C	0 B	-0.125B
TK14	0.250B	-0.625C	0 B	-0.750C	0.875A	-0.125B
TN11	-0.111B	-0.222B	-0.333C	-0.444C	0.444A	-0.333B
TK9	-0.125B	-0.750C	0 B	-0.250B	-0.125B	-0.375B
Sushi rice (USA)	-0.667C	-0.778C	-1.000C	-1.000C	1.000A	-1.000C
Hom Mali (Thailand)	-0.364B	0.364B	-0.727C	-1.000C	0.818A	-0.727C
Koshihikari (Niigata)	-0.444B	-0.667C	-0.667C	-0.556C	0.667A	-0.778C
Oboro-zuki (Hokkaido)	0.100B	-0.100B	0 B	0.200B	-0.300B	0 B
Koshihikari (Fukui)	-0.400B	-1.100C	-0.100B	-0.400B	0.700A	-0.800C
Japonica (Vietnam)	0.200B	-0.600C	-0.600C	-0.300B	0.600A	-0.600C

A: better than the control (for hardness, A means the rice tastes harder), B: the same as the control, C: poorer than the control.

CK: TK9 cultivated in southern Changhua County, cooked rice.

參試之進口米官能品評結果顯示，米飯外觀僅美國壽司米劣於對照，泰國香米、新瀉越光米、北海道濛月米、福井越光米及越南梗米皆等同對照；香氣以新瀉越光米、福井越光米及越南梗米劣於對照，泰國香米及北海道濛月米則等同對照；口味以美國壽司米、泰國香米、新瀉越光米及越南梗米劣於對照，僅北海道濛月米及福井越光米等同對照；黏度以美國壽司米、泰國香米及新瀉越光米劣於對照，北海道濛月米、福井越光及越南梗米則等同對照；硬度以美國壽司米、泰國香米、新瀉越光、福井越光及越南梗米硬於對照，僅北海道濛月米等同對照；食味總評以美國壽司米、泰國香米、新瀉越光、福井越光及越南梗米劣於對照，僅北海道濛月米等同對照。整體而言，進口米中以北海道濛月米之表現較佳，各食味品質指標皆等同對照(表九)。

六、國內外稻米之冷飯官能品評

國內參試品種 18°C 冷飯官能品評結果顯示，米飯外觀以台農 71 號及高雄 145 號劣於對照，台梗 16 號、台南 11 號及台梗 9 號等同對照，而以台梗 14 號優於對照；香氣以香米品種台農 71 號優於對照，以高雄 145 號、台梗 16 號、台梗 14 號及台南 11 號等同對照，而以台梗 9 號劣於對照；口味以台農 71 號與台南 11 號劣於對照，高雄 145 號、台梗 16 號、台梗 14 號及台梗 9 號等同對照；黏度以台農 71 號及台梗 14 號較對照不黏，高雄 145 號、台梗 16 號、台南 11 號及台梗 9 號則等同對照；硬度以台梗 9 號及台梗 16 號等同對照，以台農 71 號、高雄 145 號、台梗 14 號及台南 11 號較對照硬；總評以台農 71 號及高雄 145 號劣於對照，台梗 16 號、台梗 14 號、台南 11 號及台梗 9 號皆等同對照(表十)。

參試進口米 18°C 冷飯官能品評結果顯示，米飯外觀除美國壽司米劣於對照外，泰國香米、新瀉越光米、北海道濛月米、福井越光米及越南梗米皆等同對照；香氣以泰國香米優於對照，美國壽司米、新瀉越光、北海道濛月米及福井越光等同對照，越南梗米則劣於對照；口味以美國壽司米、新瀉越光及越南梗米劣於對照，而泰國香米、北海道濛月米及福井越光等同對照；黏度以美國壽司米、泰國香米及新瀉越光劣於對照，北海道濛月米、福井越光及越南梗米則等同對照；參試進口米之 18°C 冷飯硬度皆顯著高於對照；總評僅北海道濛月米及福井越光等同對照，美國壽司米、泰國香米、新瀉越光及越南梗米劣於對照(表十)。

誌 謝

本試驗承蒙行政院農業委員會經費支持(計畫編號：103農科-6.3.1-科-a2(2))與本場稻作與米質研究室同仁協助米質分析，謹此併致謝忱。

表十、國內外參試品種 18°C 冷飯之官能品評

Table 10. The panel test of 18°C cooled rice of tested domestic varieties

Variety	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
TNG71	-1.000C	1.000A	-0.800C	-1.000C	1.000A	-0.889C
KS145	-0.500 C	-0.300B	-0.300B	-0.400B	1.000A	-0.500C
TK16	0 B	-0.300B	0 B	-0.111B	0.333B	0.111B
TK14	0.500A	0.111B	-0.125B	-0.500C	0.875A	-0.125B
TN11	-0.100B	0 B	-0.300C	-0.200B	0.800A	-0.300B
TK9	0.125B	-0.625C	0 B	0 B	0 B	-0.125B
Sushi rice (USA)	-0.889C	0.111B	-1.000C	-0.667C	1.000A	-1.000C
Hom Mali (Thailand)	-0.273B	1.000A	-0.364B	-0.727C	0.636A	-0.636C
Koshihikari (Niigata)	-0.375B	0 B	-0.750C	-0.875C	0.625A	-0.875C
Oboro-zuki (Hokkaido)	-0.300B	-0.100B	0 B	0.300B	0.400A	-0.200B
Koshihikari (Fukui)	-0.200B	-0.100B	0.100B	-0.300B	0.900A	-0.200B
Japonica (Vietnam)	0 B	-0.400C	-0.400C	-0.400B	0.600A	-0.500C

A: better than the control (for hardness, A means the rice tastes harder), B: the same as the control, C: poorer than the control.

CK: TK9 cultivated in southern Changhua County, 18°C cooled rice.

參考文獻

1. 大坪研一、中村澄子 2014 米の品質評価、品種判別および加工利用に関する研究 化学と生物 52(5): 295-300。
2. 片岡知守、滝田正、横上晴郁 1998 低アミロース米良食味品種「シルキーパール」の育成 東北農業研究 51: 3-4。
3. 李秉璋 2011 創新食感—現代米食市場新展望 植物種苗生技25: 88-89。
4. 松江勇次、佐藤大和、尾形武文 2005 低アミロース米品種における米の食味評価とブレンド適性 Jpn. J. Crop Sci. 74(4): 422-426。
5. 洪梅珠 1997 稻米食味品質檢定 p.87-97 稻米品質檢驗技術研討會專刊 中華農藝學會 台北。
6. 洪梅珠、楊敏宗 2014 研習稻米品質檢驗技術與管理制度 出國報告(標號：C10304759)。
7. 許愛娜 2005 稻米品質要項與其影響因素 新技術及技術轉移專輯 臺中區農業專訊 50: 8-13。

8. 滝田正、東正昭、横上晴郁、片岡知守、加藤浩、山口誠之、田村泰章、小綿寿志、小山田善三、春原嘉弘 2002 低アミロース米良食味品種「シルキーパール」の育成 東北農研研報 100: 27-39。
9. 農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所 2009 新しい米を創 09 p.7。
10. 衛生福利部食品藥物管理署 2013 米食材風險管控參考手冊 p.18-20 國大印刷行 新竹,臺灣。
11. 鄭軼恒、陳中、林偉鋒、王玉珠 2011 米飯貯藏過程中的品質變化 現代食品科技 27(12): 1437-1439。
12. 盧訓、陳樺翰、洪梅珠 2001 稻米經儲藏後對其米製產品品質之影響 中華農學會報 2(4): 287-294。
13. Koji, T., T. Koriyama and K. Ohtsubo. 1998. Staling characteristics of cooked low-amylose rice and a proposal of evaluation Method. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi. 45(8): 469-477.
14. Nakamu, S., K. Suzuki, K. Haraguchi and K. Ohtsubo. 2007. Development of method for cooked individual rice grain and physical measurements by tensipresser. Japanese Society of Breeding. 9: 63-66.

Comparisons on the Eating Quality of Cooked and Cooled Rice among Taiwanese Domestic and Imported Varieties¹

Po-Jung Wang,² Jia-Ling Yang² and Mei-Chu Hong²

ABSTRACT

In this study, we used 6 domestic varieties including TK9, TN11, TK14, TK16, TNG71 and KS145, and 6 rice products imported from U.S.A., Thailand, Vietnam and Japan, bought from local markets as our samples, to evaluate their rice quality. The eating quality of cooked and cooled rice were evaluated by texture profile analysis (TPA) and sensory evaluation. Comparing the texture differences of 18°C rice between tested varieties, including toughness, hardness, adhesiveness and balance between TK14 and TK9 were not significantly different from Koshihikari (Fukui). Moreover, the adhesiveness of TK14 and TK9 were significantly higher than that of Koshihikari (Niigata), showing the 2 domestic varieties have potential for cooled rice consumption. For sensory evaluation, the overall appraisals of the domestic rice varieties were equal to the control except for TNG71. On the contrary, overall appraisals of the imported rice products were worse than the control except for Oboro-zuki (Hokkaido). When sensory evaluation took place after rice samples were cooled to 18°C, it showed that except for TNG71 and KS145, overall appraisals of the other domestic varieties were all equal to the control. On the contrary, overall appraisals of the imported varieties and their 18°C rice were all worse than the control except for Oboro-zuki (Hokkaido) and Koshihikari (Fukui). The results indicated that eating quality of domestic rice varieties are better in general, however, their hardness gained more thus leading to greater loss of balance. This result showed the domestic rice varieties were competitive, but their starch retrogradation features should be improved.

Key words: 18°C cooled rice, japonica rice, palatability, texture analysis

¹Contribution No. 0926 from Taichung DARES, COA.

²Assistant Researcher, Associate Researcher and chief of crop improvement section, Researcher and Deputy Director of Taichung DARES, COA.

臺灣簡易溫室結構分析之研究¹

張金元²、田雲生²

摘 要

蘇迪勒、尼伯特、梅姬颱風接連侵襲臺灣，重創農業栽培設施，因臺灣農業設施結構及施工方式多樣化，為對溫室結構之耐風性及變形量進行學理探討與建立分析準則，本研究運用有限元素分析軟體進行桁架結構分析，依據簡易溫室尺寸規格，運用套裝軟體SolidWorks及其結構分析套件Simulation，採用線架構繪製溫室桁架分析模組，並建立國內使用廣泛之圓拱型簡易溫室結構分析方法，加速模擬分析速度。經試驗結果發現，以農糧署公告之UP-600型簡易溫室為例，其參考圖之跨距6 m、棟高3.45 m、管徑26.2 mm、厚度1.6 mm，結構最大位移為 62 mm、管件降伏強度 268 MPa，發生位置於溫室棟長向中央處，較現行傳統簡易溫室結構強度提升11.4%以上，以及管件降伏強度降低25.1%，進而減少管件及塑膠布損壞風險。

關鍵詞：溫室、結構、颱風、有限元素分析

前 言

2015年蘇迪勒颱風、2016年尼伯特、梅姬颱風接連侵襲臺灣，重創農業栽培設施，造成諸多溫網室倒塌或傾斜，經濟損失嚴重。在農業設施損失金額方面，蘇迪勒颱風估計損失金額2億5,834萬元，主要受害地區位於雲林縣、高雄市、嘉義縣、桃園市、屏東縣⁽³⁾；尼伯特颱風估計損失金額1億1,102萬元，主要受害地區為臺東縣、高雄市、屏東縣⁽⁴⁾；梅姬颱風估計損失金額1億3,820萬元，主要受害地區為高雄市、臺南市、雲林縣⁽⁵⁾。經由現地調查，尤以簡易溫室形式受損較多，可區分為塑膠布、防蟲網等披覆材掀開、破損之輕度受損，以及骨架彎曲、脫落、斷裂及坍塌等中重度結構損壞，並以中重度溫室結構損壞所造成的經濟損失最為嚴重。探究溫室損壞的成因，常見為管件強度不足而降伏損壞，造成結構變形、彎折、坍塌，最終造成溫室結構嚴重受損⁽⁸⁾。為對簡易溫室結構之耐風性及變形量進行學理探討與建立分析準則，運用有限元素分析軟體Solidworks進行結構分析，期望加強溫室設施結構安全，並提供設施搭建業者參考。本研究將試驗分析管材與搭建尺寸等組裝方式，探討其受應力變化，作為溫室結構耐風強度改善之依據。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0941 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員、副研究員。

材料與方法

結構模擬軟體

有限元素軟體為Solidworks Simulation Professional 2016年版⁽¹¹⁾，軟體繪圖建立零組件模型，由分析套件設定邊界條件及應力參數，以3D零組件圖像視覺及電腦輔助工程(CAE)模擬分析。

軟體中邊界條件設定係數，管件選用軟體內建之鍍鋅鋼材料屬性，其彈性模數為200 GPa、蒲松比(Poisson ratio) 0.29、材料密度7,870 kg/m³、降伏強度203 MPa、抗拉強度356 MPa。零組件接觸類型設定為無貫穿，並將其摩擦係數設定為0.15，選擇標準細網格⁽¹⁰⁾，機械材料特性之分析參數如表一所示。

表一、機械材料特性之分析參數

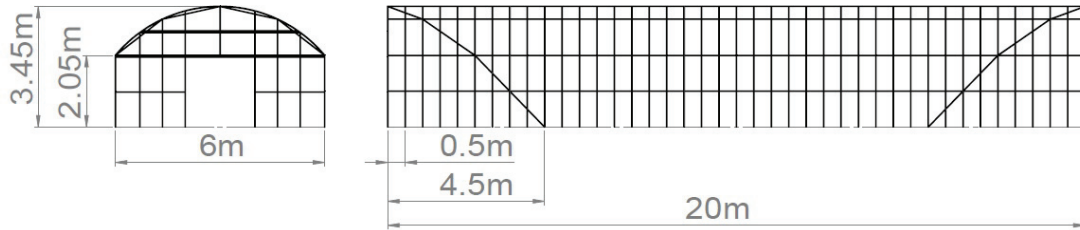
Table 1. Mechanical material properties

Mechanical material properties	Coefficient
Elastic modulus, E	200 GPa
Density, ρ	7,870 kg/m ³
Poisson's ratio, ν	0.29
Tensile yield strength	203 MPa
Tensile strength	356 MPa

分析模組

簡易溫室模型由行政院農業委員會農糧署公告之簡易型溫室結構為分析模組⁽⁶⁾，該簡易溫室圖說係於2016年10月依照行政院農業委員會指示成立設施技術服務團，經會議討論繪製而成，其溫室跨距區分為5.4 m、6 m、7.2 m，代號分別為UP-540、UP-600、UP-720等3型，本研究將以跨距6 m、代號UP-600型溫室結構建立分析模組。

簡易溫室UP-600型主要骨架使用一般構造用鍍鋅鐵管材質，產業名稱為鍍鋅鋁管，溫室山牆面尺寸為棟高3.45 m、簷高2.05 m，溫室棟長向尺寸：主要骨架間距為0.5 m，具有九組桁條向骨架，前後側分別使用2支斜撐支撐山牆面結構，溫室內部倒T型補強結構組以每組間格距離為2 m設立。管件尺寸：主要立柱管件及內部補強結構管件使用直徑26.2 mm、管厚1.6 mm，斜撐、山牆面及桁條向骨架使用直徑22.2 mm、管厚1.6 mm，該結構尺寸設定為分析模組一，為農糧署公告型式，管件選用符合國家標準之鋼材，依據公告圖說明，其降伏應力規範介於200~500 MPa之間、抗拉強度須介於300~690 MPa之間，UP-600型簡易溫室結構尺寸如圖一所示。



圖一、UP-600 型簡易溫室結構尺寸

Fig. 1. UP-600 Structure size of the Taiwan arch greenhouses

由於現行產業於簡易溫室搭建普遍應用標稱管徑1”之鋁管，其主要立柱管件係使用直徑31.8 mm、管厚約1.8 mm之管材；內部倒T型結構搭建則採用間隔距離為4 m為一組，因此探討補強結構間距2 m、4 m之結構強度差異性；使用直徑31.8 mm鋁管材料之溫室主體，於產業上主要立柱多採行1 m間距搭建，因此探討主要立柱間距0.5 m、1 m之結構強度差異性。

綜合上述結構搭建模式，分別建立6種分析模組，探討不同結構搭建形式之耐風強度，其中，結構尺寸分別使用主要立柱間距0.5 m、1 m，倒T形內部補強結構間距2 m、4 m，主要立柱管徑26.2 mm、管厚1.6 mm及管徑31.8 mm、管厚1.8 mm，共6種簡易溫室分析模組，尺寸設定如表二所示。其中，分析模組之斜撐、山牆面及桁條管件尺寸均與模組一相同設定。

實務上，管件接合方式以零件及螺栓相互連接，分析時係將各個接合處視為固定接點，並且假設各管材能確實接合。分析前先設定機械材料特性，建立彈性係數(Elastic modulus, E)、蒲松比(Poisson's Ratio, ν)及材料密度(Density, ρ)等分析參數如表一所示，分析軟體內設定單位系統為SI制(kg, m, s, K, A, N, V)，網格尺寸選用軟體內建之Medium級數。

表二、六種結構分析模組之尺寸規格

Table 2. Specifications of the 6 greenhouse structure models

Six structures model	Span (m)	Structure specifications		Pipe specifications	
		Distance of tube (m)	Distance of strengthen structure (m)	Diameter (mm)	Thickness (mm)
Model 1	6	0.5	2	26.2	1.6
Model 2	6	0.5	2	31.8	1.8
Model 3	6	1	2	26.2	1.6
Model 4	6	1	2	31.8	1.8
Model 5	6	1	4	26.2	1.6
Model 6	6	1	4	31.8	1.8

結果與討論

溫室結構模擬方法之推算

溫室結構所受載重部分，在垂直方向有靜載重(Dead load)，在水平方向有風壓力(Wind pressure)及地震載重(Seismic load)。靜載重為構造物本身構件及加載於構造物上全部物件之重量。在本研究中，結構主體靜載重有鍍鋅鐵管、結合零件(彈簧夾、三通夾片)及塑膠布等組合自重，因產業廣泛應用的彈簧夾、三通夾片，若在軟體中進行計算，將不易網格化及延長運算時間，因此為簡化軟體分析，僅考慮鍍鋅鐵管載重。此外，因風壓力為簡易設施結構主要的影響因子，為簡化分析過程，計算時則不考慮地震載重對結構之影響。

由於被覆材料若使用厚度0.1 mm之塑膠布覆蓋時，單位面積1 m²之平均重量約為0.14 kgf⁽⁷⁾，與主要骨架結構重量所佔比例小，且因已使用臺灣本島地區基本設計風速進行計算，故本研究於結構分析時，則不考慮被覆材料重量。而溫室受風壓力作用後之力量，將由骨架所組成之單元結構桿件所支撐，並且力量係垂直作用於桿件上。

風壓力

依據內政部營建署建築物耐風設計規範⁽²⁾，考量設施在開闊地或海岸地區受風力作用較大，計算時係假設該地點為地況C種類，為平坦開闊之地面或草原或海岸或湖岸地區，其零星座落之障礙物高度小於10 m者，其相關係數 $\alpha=0.15$ 、梯度高度 $z_g=300$ m代入公式1中，整理後可得離地面高度10 m處之基本設計風速 $V_{10}(C)$ 與梯度高度之關係式2如下所示：

$$V_{zg} = V_{10}(C) \left(\frac{z}{300} \right)^{0.15} = 1.665 V_{10}(C) \quad (\text{式1})$$

故地況C種類、高度 $z=5$ m處之風速與梯度高度之關係式，可由式 $\frac{V_z}{V_{zg}} = \left(\frac{z}{z_g} \right)^\alpha$ 整理後之公式2表示：

$$V_z = V_{zg} \left(\frac{z}{z_g} \right)^\alpha = 1.665 V_{10}(C) \left(\frac{z}{z_g} \right)^\alpha \quad (\text{式2})$$

其中，風速須乘上用途係數 $I=0.9$ 。本研究設施高度 $z=3.5$ m，為保守估計，當高度小於5 m時，亦採用5 m處風速壓之地況係數計算，將式2代入式3整理後，可得設計風速壓 $q(z)$ 式3及式4如下：

$$q(z) = 0.06 (1.665)^2 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} [I V_{10}(C)]^2 \quad (\text{式3})$$

$$= 0.166 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} [I V_{10}(C)]^2 \quad (\text{式4})$$

臺灣地區各地之基本設計風速共分為每秒47.5 m、42.5 m、37.5 m、32.5 m、27.5 m、22.5 m共6個地區⁽²⁾，而中央氣象局颱風資料庫顯示，測站於蘇迪勒颱風在臺中梧棲地區測得最大陣風風速54.2 m/s、最大風速30.8 m/s；尼伯特颱風在臺東地區測得最大陣風風速57.2 m/s、最大風速16.6 m/s；梅姬颱風於臺中梧棲地區測得最大陣風風速57.2 m/s、最大風速33.5 m/s⁽¹⁾。蘇

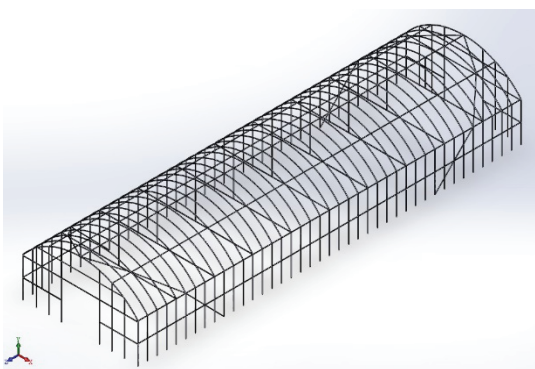
迪勒、尼伯特、梅姬颱風造成臺灣中南部及東部地區溫網室設施嚴重損壞，其中以每秒32.5m之基本設計風速以上即涵蓋全臺受災害地區。此外，由行政院農業委員會農糧署公告之UP簡易溫室圖，設定溫室之設計風速為30 m/s，相當於蒲福風級11級之28.5~32.6 m/s範圍，綜上所述，本研究將以耐風設計規範之設計風速每秒32.5 m進行計算。

在基本設計風速方面，由耐風設計規範中取臺灣本島地區基本設計風速 $V_{10}(C)=32.5$ m/s進行計算，其強度相當於輕度颱風及蒲福風級11級風之上限值。將地況C相關係數 $\alpha=0.15$ 、梯度高度 $z_g=300$ m、 $z=5$ m及用途係數 $I=0.9$ 代入式4中，可得在高度10 m處之設計風速壓為 41.58 kgf/m²。

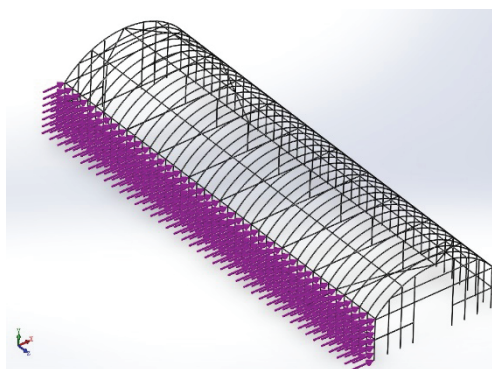
臺灣簡易溫室常用圓拱型結構，風壓係數 C_p 值主要與建築物的幾何形狀有關，並經由結構物尺寸之比值，計算牆面、拱形屋頂等處之風壓係數。本文為簡化分析計算式，使溫室結構可快速進行分析作業，將設定風壓係數 $C_p=1$ ，以及簡化風壓力分析，不考慮拱型屋頂及背面牆面的風壓力，僅由溫室迎風面牆面承受側向風力。溫室牆面為長20 m、屋簷高2.05 m，面積為 41 m²，乘上設計風速壓 41.58 kgf/m²，則牆面需承受 1704.78 kgf力量，由牆面之立柱管件承受，其中模組一、模組二之牆面立柱管件共為41支，因此每支管件需承受應力 41.58 kgf。而模組三、模組四、模組五、模組六之牆面立柱管件共為21支，因此每支管件承受應力 81.18 kgf。

簡易溫室結構分析結果

在溫網室結構建模方面，依據農糧署公告簡易溫室結構之尺寸規格，運用套裝軟體Solidworks繪製分析模組，如圖二所示，採用線架構方式建立結構桁架，再分別依據線指定管徑規格，建立國內使用廣泛之圓拱型簡易溫室結構，此建模方式可簡單化建模，提供國內產業參考應用，使業者可快速上手，降低分析難度，並促進溫室產業應用成效。



圖二、Solidworks 軟體建模之溫室分析模組
Fig. 2. The Greenhouse analysis model built by solidworks software



圖三、UP-600 型簡易溫室結構快速建模分析
Fig. 3. Modeling analysis of UP-600 type Taiwan plastic greenhouse structure

在溫網室結構分析方面，使用Solidworks附加軟體Simulation有限元素分析軟體，模擬溫室結構承受季節強風之管件應力及位移量分析，示意圖如圖三所示。由農糧署公告無固定基礎之簡易溫室圖，結構編號UP-600型，其六種結構分析結果如表三所示，其中模組一為農糧署公告之結構形式，骨架結構最大位移量為62 mm、管件最大降伏強度268 MPa，發生位置位於溫室長向中央處，此結構位移位置與以往分析結果相同⁽⁹⁾，惟鋼材用量於模組一公告型式較模組六傳統形式提高31.37%。

表三、六種分析模組之最大降伏強度、變形量及管材增量

Table 3. The maximum stress, deformation and steel amount of the 6 structure models

6 structures model span, distance of tube, distance of strengthen structure, m	Diameter, thickness, mm	Maximum stress, MPa	Maximum deformationmm, mm	Increase weight, kg	
Model 1	6-0.5-2	26.2-1.6	268	62	691
Model 2	6-0.5-2	31.8-1.8	168	34	854
Model 3	6-1-2	26.2-1.6	512	111	478
Model 4	6-1-2	31.8-1.8	321	63	562
Model 5	6-1-4	26.2-1.6	557	124	442
Model 6	6-1-4	31.8-1.8	358	70	526

六種分析模組之最大降伏強度、變形量、鋼材用量排序，分別為模組二、模組一、模組四、模組六、模組三、模組五。依據公告圖說明，管件降伏應力須介於200至500 MPa之間，模組一268 MPa、模組二168 MPa、模組四321 MPa、模組六358 MPa共4型符合前述之管件降伏強度要求，其中模組二為168 MPa有最佳之表現；選用Ø31.8 mm、T=1.8 mm管材規格之分析模組二、四、六，其中模組六傳統形式有最大降伏強度358 MPa；模組一為管材選用Ø26.2 mm、T=1.6 mm中，唯一符合管件降伏強度500 MPa範圍內要求之分析模組，其餘模組三 512 MPa、模組五557 MPa管件降伏強度均超出500 MPa的要求。進一步探討可發現，該兩型模組選用管徑、管厚為Ø26.2 mm、T=1.6 mm、主要立柱間距為1 m，由結果顯示，將無法抵禦11級風32.5 m/s風速設定之強風侵襲，設施結構有損壞之疑慮，因此若選用Ø26.2 mm、T=1.6 mm之鍍管規格，則應參考農糧署公告之結構型式搭建，即採用主要立柱間距為0.5 m搭設。此外，若以嚴格標準審視，管件降伏應力須在200 MPa內，則僅有模組二之結構設定符合耐風條件，因此，管件的選擇及搭建的尺寸，為結構抵禦強風的關鍵因子，依據設施搭建所在地，應選擇合適且適切的管件降伏強度及搭設尺寸。

公告與傳統型式之比較，現行傳統簡易溫室多選用主要立柱管徑為直徑31.8 mm、管厚1.8 mm，並且主柱間距為1 m、內部補強結構為4 m，設定為分析模組六，為產業慣行搭建之結構尺寸，其骨架結構分析結果顯示，最大位移量為70 mm、管件最大降伏強度358 MPa，為第四排序，而模組一公告形式選用主要立柱管徑為直徑26.2 mm、管厚1.6 mm，並且主柱間距為0.5 m、內部補強結構為2 m，分析結果顯示，最大位移量為62 mm、管件最大降伏強度268 MPa。模組一公告形式可較模組六傳統形式在抑制結構位移量提升11.4%，以及在管件降伏強度降低25.1%。換言之，公告形式可較現行傳統簡易溫室提升結構強度，並減少主要支撐管件受力，因此可降低管件損壞風險，並且因管件加密及主柱間距縮減至0.5 m，使管件受力減半，可進而降低塑膠布損壞機率，延長使用年限。

結論與建議

簡易溫室設施因具有構造簡單、搭設容易、造價低，及易於拆裝移動等特性，廣受國內栽培使用，惟在臺灣常因颱風侵襲而損壞，造成嚴重的經濟損失，因此結構需重新最佳化設計補強。本研究建立並分析六種結構模組，探討各型結構之管件降伏強度及變形量抑制效果。其中，農糧署公告之簡易溫室結構形式，其結構變形量抑制結果符合需求。在受風壓力作用時，加密骨架間距及增設補強結構，皆可有效抑制結構位移量，以及降低管件受風之降伏強度。六種分析模組均在主要立柱的柱腳處，有最大應力之發生，因此需選擇符合管件降伏強度要求之結構形式，如模組一、二、四、六結構，管件最大降伏強度可在358 MPa以內。使用套裝軟體分析簡易溫室結構耐風能力，可加速溫室設計時間，亦減少依經驗設計造成失誤之不必要的費用支出，可提供較為科學化之分析方法，提供設施產業參考選用，以提升相關應用技術。

誌 謝

本研究承蒙農委會科技計畫項下補助經費。試驗期間承蒙中興大學生物產業機電工程學系黃裕益教授不吝賜教與指導；中興大學生物產業機電工程學系盛中德教授、建國科技大學自動化工程系樂家敏退休教授斧正，以及農業機械研究室同仁劉志聰、李安心、賴碧琴、茆聰銘鼎力配合協助，方得以順利完成，謹此一併致謝。

參考文獻

1. 中央氣象局 2018 颱風資料庫 <http://rdc28.cwb.gov.tw/TDB/ntdb/pageControl/typhoon>。
2. 中華民國內政部營建署 2015 建築物耐風設計規範及解說 台北。
3. 行政院農業委員會104年8月蘇迪勒颱風農業災情報告 發布日期：資料發布日期104年8月14日。網路查詢時間：107年7月14日 網址：

- https://www.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=agri&id=5297&print=Y。
4. 行政院農業委員會105年7月尼伯特颱風農業災情報告 發布日期：資料發布日期105年7月12日。
網路查詢時間：107年7月14日 網址：
https://www.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=agri&id=5483。
 5. 行政院農業委員會105年9月梅姬颱風農業災情報告 發布日期：資料發布日期105年10月03日
網路查詢時間：107年7月14日 網址：
https://www.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=agri&id=6678。
 6. 行政院農業委員會農糧署UP簡易溫室圖2017年版 網頁下載路徑：行政院農業委員會農糧署>農糧業務>溫網室設施補助專區>參考圖樣及契約範本 網路查詢時間：107年5月29日 網址：
https://www.afa.gov.tw/peasant_index.aspx?CatID=2477。
 7. 侯文祥、林益鵬 2004 生物生產用隧道式輕構架溫室結構安全及經濟設計 農業工程學報 50(4): 39-50。
 8. 張金元、田雲生 2015 蘇迪勒颱風設施受損調查與因應對策 臺中區農情月刊第195期
 9. 張金元、田雲生、陳令錫 2012 簡易設施結構耐風設計之研究 臺中區農業改良場研究彙報 114: 45-55。
 10. 實威國際 2015 SolidWorks Simulation 2015 原廠教育訓練手冊 全華圖書股份有限公司。
 11. Dassault Systemes SOLIDWORKS Simulation 原廠官網 網路查詢時間：107年7月14日 網址：
<http://www.solidworks.com/sw/products/simulation/packages.htm>。

Study on the Improvement of Wind Resistance Capacity in the Plastic Greenhouse Structure in Taiwan¹

Chin-Yuan Chang² and Yun-Sheng Tien²

ABSTRACT

Typhoons named SOUDELOR, NEPARTAK and MEGI invaded Taiwan successively and caused damage to the agricultural greenhouse. Due to the diversification of Taiwan agricultural plastic greenhouse and construction methods, it was necessary to conduct theoretical discussions and analysis for the wind resistance and deformation of greenhouse structures. The research uses the finite element analysis software for structural analysis, according to the announced by Agriculture and Food Agency specification of the plastic greenhouse, SOLIDWORKS and SIMULATION software were used for structure analysis, the line architecture is used to establish greenhouse truss analysis module, and establish a circular arch type greenhouse structure. The adoption of analytical methods can accelerate the speed of simulation analysis. According to the results, the UP-600 type greenhouse has width of 6 m, tube diameter of 26.2 mm, thickness of 1.6 mm, maximum deformation of 62 mm, and tube strength of 268 MPa. The structural strength of the plastic greenhouse increases 11.4%, and the stress of the main tube reduce 25.1%, which can reduce the risk of damage to the tube and plastic compared with convention at design.

Key words: greenhouse, structures, typhoons, finite element method

¹Contribution No. 0941 from Taichung DARES, COA.

²Assistant Engineer, Associate Engineer of Taichung DARES, COA.

手扶自走式施肥機之研製¹

田雲生²、張金元²

摘 要

本研究設計並開發1台手扶自走式施肥機，可供果園樹冠下及植株周邊撒施肥料應用。本機以單缸汽油引擎為動力源，行走底盤為三輪式，前單輪驅動、後雙輪支撐，行走速度可無段變速調整；配置容量80 L之肥料斗，藉由斗底雙閘門開關調節施肥量；採離心轉盤撒施肥料，撒施方向可選擇單側、雙側或三側同時作業，達連續、均勻、彈性施肥的效果。經測試結果顯示，施肥機作業效率約1.26 ha/hr，較現行以獨輪車載肥、人工撒肥方式快2倍，足解決一部分田間施肥管理的辛勞與負荷，並加速推動省工機械化的目標。

關鍵詞：施肥機、手扶自走式、離心轉盤、果園

前 言

臺灣地處亞熱帶，氣候溫暖、雨水豐沛，適合農作物生長，但由於自然環境限制，農戶平均耕地規模僅1.02 ha，屬於小農經營形態，其中果樹種植面積約186,000 ha⁽¹⁾，且種類多樣化，包括多年生的葡萄、番石榴、梨、紅龍果、柑桔、荔枝等作物，其生育期之整枝修剪、疏果、施肥、灌溉、病蟲害及雜草防除等工作極為繁複，農友亟需政府協助解決缺工與高齡化等勞動力不足問題⁽⁵⁾。近年來，臺中區農業改良場(以下簡稱本場)同仁致力於中部地區主要果樹育種與栽培技術之試驗研究，也配合進行果園田間管理機械之開發應用，以期減輕農事作業之辛苦與負荷，諸如草生栽培所需要的乘坐式前置雙刀頭割草機、肥料穴施應用之乘坐式油壓鑽孔機，以及乘坐式旁置挖溝施肥機、離心式施肥機等；其他試驗改良場所亦針對果園噴霧、施肥、剪枝等省工機械化加以研究與推廣^(2,4,5,7,8,9,10)。惟果園生產應妥善規劃與配置，如植株種植尤重較寬敞的行株間距，除可提升日照、通風效果外，對於各類機械操作更能發揮最大的功效，進而節省管理工時及提升產業競爭力⁽²⁾。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0943 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、助理研究員。

在管理作業中的施肥，其目的在於補充土壤中作物所需要的養分，並為提高產量與品質的有效方法，但過與不及都不好，所以政府積極推動合理化施肥及推廣有機質肥料，輔導農民正確、合理、有效施用肥料，以提升肥料利用效率、維護生產環境，並促進農業永續發展⁽⁶⁾。其中瓜果、豆科、蔬菜及牧草等作物，已有許多研究報告發表，皆顯示合理化施肥具提高產量或品質的效果^(11,12,13,14,15,16)。果園施肥依作物種類或農友栽培習慣而不同，有表面撒施、挖溝條施、鑽孔穴施等方式；肥料通常區分為固態與液態肥料，固態肥料又分為粒狀及粉狀肥料，粒肥密度較大，粉肥則膨鬆、體積大，現階段仰賴人力負載施用居多，故極為耗工費時。而表面撒施多用於生育期之追肥管理，以番石榴為例，修枝強剪到採收前，共計施肥4~6次(大約每月1次，期間可能追加2次)，每分地施用化學肥料約40 kg，果農以獨輪車輔助載運肥料，並移行於作物之行列間，每隔一段距離暫停，再以手持勺子舀取肥料，撒散於果樹冠下或植株周邊，此雖可解決一部分人工負重的辛勞，但對於作業連續性與撒肥均勻性則稍嫌不足。

鑑於此，本場於104年辦理行政院農業委員會第2階段科技計畫－果園乘坐式挖溝施肥機試驗改良(104農科-6.2.1-中-D1)，除成功研發並技術移轉果園乘坐式施肥機，推廣應用於較大面積果園施肥作業外，亦考量小面積農地使用需求，遂繼續試驗研發手扶步行操作之三輪自走式施肥機，同樣於果樹樹冠下或行間進行肥料撒施應用。本文針對該施肥機組成架構、性能規格與作業效能等試驗結果說明如後，並提供給果樹栽培農友參考。

材料與方法

一、機械設計原則

- (一)設定以臺灣農戶平均耕地規模1 ha (實際1.02 ha取整數)以下，提供給小面積果園撒施肥料應用。
- (二)針對施肥作業方便、靈活且使用具廣泛性，機械設計為三輪式，前單輪為驅動輪，後二輪為輔助支撐輪。
- (三)考量機械之動力負荷與製作成本，其動力源不宜太大；行走應具備調速功能，但得減少變速齒輪箱所佔空間，可採用主被動皮帶輪自動變換輪徑方式來達成。
- (四)配合農友栽培習慣與單位施肥量的多寡，施肥機之肥料配出量須能調節，使機械操作富彈性。
- (五)評估機械主要應用於果樹冠下與植株行間之追肥撒施，規劃以圓形轉盤採離心方式作業，撒肥位置、方向可選擇之。

二、施肥機組裝型式

本機依照前述設計原則，於機體後方配置單缸汽油引擎，為前大、後小之三輪式底盤，且後輪輪距可調；行走底盤上方為肥料斗，藉由斗底雙開閘門裝置調節肥料配出量，再落於圓形轉盤上，並以離心方式撒出肥料，撒施出口具前側、左側、右側三個方向，可選擇單側或多側同時作業；施肥機由側面觀之，肥料斗、離心轉盤及前驅動輪呈現垂直排列；另行走速度為可調整，採用主被動皮帶輪變換直徑比的方式作動，可達到加油即加速的目的。

三、試驗設備與材料

(一)供試設備：研製完成之手扶自走式施肥機。

(二)供試材料：

- 1.肥料A：市售有機質複合肥料，固態圓粒狀，材料名稱包括氯化鉀、磷礦、氧化鎂、泥炭、液氨、硝酸、磷酸、硫酸，成分則為15-15-15-4-8.5-50，每包重40 kg。
- 2.肥料B：市售有機質肥料，擠壓切斷成圓柱體，外徑5 mm，平均長度15.2 mm、分布範圍為10.3~23.3 mm，每包重20 kg。

(三)量測器材：碼表(電子式，精度0.01 sec)、電子吊秤(最大秤量600 kg、精度0.1 kg)、角度規、皮尺、捲尺及塑膠承盤(長45×寬30 cm)等。

四、測試及調查項目

(一)調查記錄手扶自走式施肥機性能、效率，包含：機體全長、全寬、全高、全重，輪軸距、後輪輪距、施肥寬度、肥料斗容積與載重量等。

(二)機械空車與載重之行走速度測試：於水泥柏油路面擇取10 m距離，油門撥到最大位置，量測主動皮帶輪迴轉速度；肥料斗以空車及滿載2種供試肥料，量測機械行走時間，重複5次，計算平均線速度(m/sec或km/hr)。

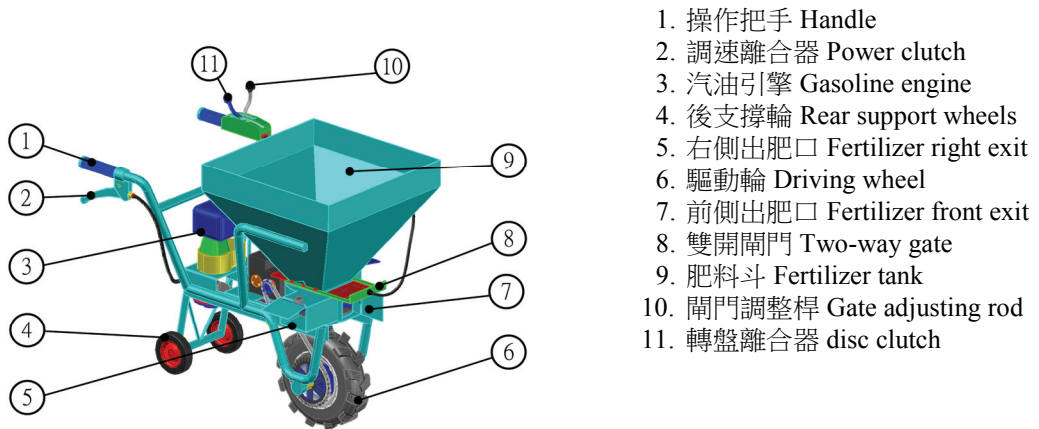
(三)雙開閘門不同開度之施肥量測試：量測雙開閘門不同寬度，初始肥料斗滿載2種供試肥料，並以正常速度操作，量測作業行走時間與距離，重複5次，並換算單位時間或單位長度之施肥量(kg/sec或kg/m)。

(四)機械與人工作業效率測試：以慣行方法之獨輪車載肥、人工舀肥撒肥，與手扶自走式施肥機在相同面積下之田間進行施肥作業，比較作業時間、施肥量等效率之差異。

(五)機械撒佈均勻性測試：施肥機配合施肥量測試時，於1、1.5及2 m不同施肥寬度的位置，隨機置放長45×寬30 cm塑膠承盤各3個，量測不同承盤之肥料收集量，並比較其撒佈均勻性。

結果與討論

一、試驗研製完成1臺手扶自走式施肥機，可輔助應用於小面積果園之樹冠下或植株行間追肥或表面撒肥應用，其外觀型式如圖一所示，主要組成構造分為三大部分：

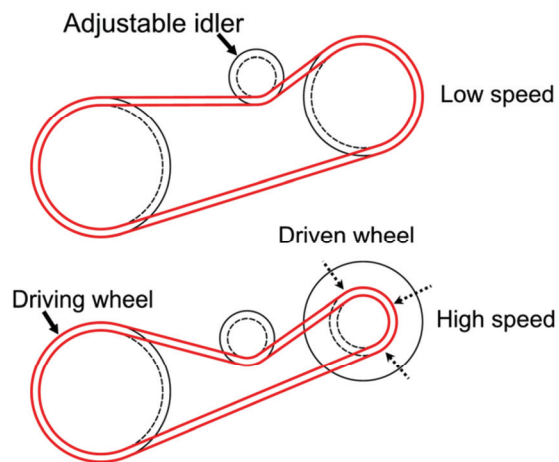


圖一、手扶自走式施肥機示意圖

Fig. 1. The schematic diagram of the self-propelled fertilizer applicator

(一)行走底盤及傳動機構

本機依照前述作業需求與設計原則，研製組裝為三輪式底盤，前驅動輪採用用之人字輪胎，兼具支撐肥料斗相關負重與行走功能。後二輪專供為行進或靜止間之支撐輔助用途。輪距調整的目的係因應平坦地面或畦溝內行走之選擇應用，其中前者調寬輪距，可避免發生側邊傾倒；後者則使三輪皆能平穩地行走於畦溝內操作。動力源目前採用52 c.c.二行程汽油引擎，商品化時擬改用等效之四行程汽油引擎，以符合國家環保政策。引擎配置在機體後側，且位於操作把手與後支撐輪之間，其經下方減速齒輪箱、主動皮帶輪之後，以三角皮帶將動力傳遞至可調直徑之從動皮帶輪，再由鏈條帶動前驅動輪迴轉，以及機體之前進或後退。而機械行走速度之調節控制，係採用離合器惰輪壓縮皮帶使從動輪直徑由大而縮小，意即藉由主動及從動皮帶輪變換直徑比的方式來達成，如圖二所示。

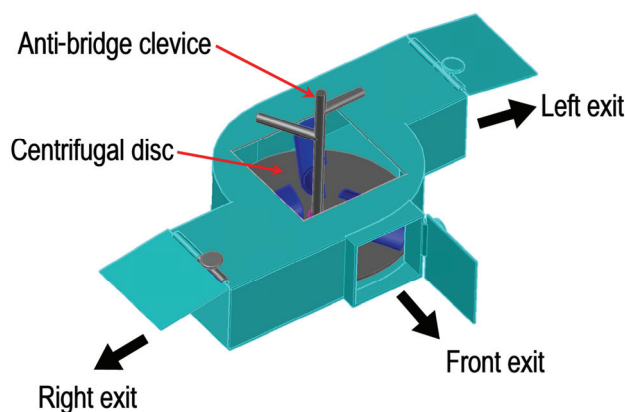


圖二、行走速度之調節控制示意圖

Fig. 2. The diagram of adjustment control about working speed

(二)肥料斗及撒佈機構

肥料斗設計為四角錐體，配置於前驅動輪上方，總容量為80 L，兼顧肥料裝載量與操作機動性。其斗內中間位置裝設有迴轉撥桿，可避免發生架橋現象；底部則為雙開閘門裝置，以鋼索拉動開度大小來調節施肥量，再藉由重力落到撒佈機構之圓形轉盤中，轉盤上具有3組舀肥撥片，可將肥料往離心方向撒散出去；撒佈機構設有前側、左側、右側等三處掀蓋式出口，操作者可依撒肥作物種類、位置而選擇掀蓋之開啟或關閉，以及調整開啟的角度等，如圖三所示。



圖三、施肥方向具三側開口之示意圖

Fig. 3. The diagram of fertilization direction with three-way exit

(三)操作及控制機構

操作把手左右各1支，除供操作者行走攙扶機械外，右側把手連結手動油門旋鈕及行走速度調節之調速離合器握桿，可依需求而撥動旋鈕、拉緊或放鬆握桿，以增減作業速度；左側把手則連結轉盤離合器、閘門調整桿，供為撒佈轉盤迴轉與否選擇，以及落肥量調節控制之應用。

二、手扶自走式施肥機測試結果與討論

(一)手扶自走式施肥機經各項操作測試，可達成所設計之目標動作，在確定機體外觀尺寸及各機構性能後，將測試結果綜合彙整為表一所列之性能規格。

表一、手扶自走式施肥機性能規格

Table 1. Specification of the self-propelled fertilizer applicator

Items	Specification
Power unit	52 c.c., 2-stroke gasoline engine
Wheel drive	Front wheel driving
Gross weights	68 kg
Dimension (L×W×H)	1,100×750×1,100 mm
Wheel base	610 mm
Tread	360~420 mm (rear wheel, adjustable)
Volume of fertilizer tank	80 L
Load of fertilizer tank	55~100 kg (depending on species, moisture content of fertilizer)
Operating width	2.5 m (single side)

(二)機械空車與載重之行走速度測試結果：

施肥機於水泥或柏油路面上，隨機擇取10 m距離，將油門撥到最大位置，主動皮帶輪之迴轉速度經量測為245 rpm；肥料斗滿載肥料A、肥料B之重量分別為100 kg及55 kg，可知肥料A的容積重1.25 kg/L，大於肥料B的0.69 kg/L。當空車及滿載2種供試肥料進行行走測試，由測試結果顯示，空車及裝載肥料A之前進平均作業時間分別是14.5、17.4 sec，換算線速度為0.69、0.57 m/sec；後退時間則為33.8、39.7 sec，線速度0.30、0.25 m/sec。另針對肥料B之試驗結果，其負載前進及負載後退之行走時間各為15.7、34.4 sec，計算作業速度為0.64、0.29 m/sec (或2.30、1.04 km/hr)。本施肥機相關行走速度彙整資料如表三所示，並知自空車至負載，無論前進或後退，其平均作業速度皆呈負相關，即載重愈多，行走速度愈慢；反之亦然。另於番石榴園以肥料A為供試材料，其前進速度介於0.51至0.60 m/sec之間，平均值為0.56 m/sec，標準差0.03 m/sec；後退速度則介於0.20~0.25 m/sec，平均值0.23 m/sec，標準差0.02 m/sec。可知，同一操作者於實際田區之平均行走速度較水泥柏油路面稍低，但並無明顯差異；分析其原因，主要是番石榴園植株行間不若水泥或柏油路面平整堅硬之故。

表三、不同載重之行走速度測試結果

Table 3. The results of ground speed testing by various loadings

Loadings type	Operating speed (m/sec)	
	Forward	Backward
Non-load	0.69	0.30
Fertilizer A (loading 100 kg)	0.57	0.25
Fertilizer B (loading 55 kg)	0.64	0.29

(三)雙開閘門不同開度之施肥量測試結果：

肥料斗底雙開閘門分為3段開度，其中第1段開度為15 mm，第2段約為45 mm，第3段則為70 mm；肥料A及肥料B皆自滿載開始至肥料撒盡為止，量測不同開度之作業時間與行走距離。經測試結果顯示，第1段開度撒施100 kg肥料A花費90.4 sec行走撒施59.4 m，換算單位時間及單位長度之施肥量，分別為1.11 kg/sec及1.68 kg/m；第2段為39.9 sec撒施27.8 m，單位施肥量各為2.51 kg/sec及3.59 kg/m；第3段則為25.9 sec撒施14.8 m，單位施肥量為3.86 kg/sec及6.76 kg/m。另肥料B第1、2、3段之作業時間與行走距離為94.0 sec、60.2 m；29.7 sec、19.0 m；18.9 sec、12.1 m，其單位時間、單位距離的施肥量與肥料A之彙整結果如表四所示。惟果園採表面撒施肥料多為追肥管理之應用，由表四試驗結果觀之，無論肥料A或肥料B的單位施肥量皆嫌過多，顯見雙開閘門的開度尺寸應予以縮小較為恰當，以符合施肥現況及推薦量所需，尤其以外觀呈圓粒狀、容

積重1.25 kg/L的肥料A更甚之。另本機單側撒肥之有效距離為2.5 m，雙側總撒幅略大於5 m (包括撒佈機構寬度)，顯見植株行距5 m以下之果園皆屬適合。

表四、雙開閘門不同開度施肥量之測試結果

Table 4. The results of fertilization testing by various openings of two-way gate

Fertilizer	Fertilizer application (kg/sec, kg/m)					
	Opening of adjuster / adjustable gate					
	15 mm (Narrow)		45 mm (Medium)		70 mm (Wide)	
A	1.11	1.68	2.51	3.59	3.86	6.76
B	0.59	0.91	1.85	2.89	2.91	4.55

(四)機械與人工作業效率測試結果：

擇取面積0.2 ha (長50×寬40 m)之番石榴園為試驗區，植株行株距為5×4 m，扣除田頭、田尾各4 m，則4行間之總長度約336 m；以肥料A為試驗材料，每包40 kg，不計算肥料裝載時間，比較傳統人工施肥及手扶自走式施肥機作業之差異。其中人工作業以獨輪車輔助載運肥料，每次裝載肥料約2包，農友推行獨輪車行走3~4 m後暫停，再以勺子舀取肥料與撒散於果樹冠下或植株周邊；手扶自走式施肥機之裝載量與獨輪車類同，二者進行作業時間與效率比較。經試驗結果顯示，人工施肥時間約花費19.41 min，手扶式施肥機則僅為9.50 min (包括頭地轉彎時間)，可知本施肥機之作業效率為1.26 ha/hr，約為人工施肥的2倍，並可達到連續、均勻撒肥的目的。

綜合上述試驗結果可知，本施肥機相關設計研製具有新穎、進步與產業利用性，符合專利申請要件，遂以「手扶自走式施肥機結構」名稱申請並取得我國新型專利認證，其專利性如下：一種手扶自走式施肥機結構，採前單輪驅動、後雙輪支撐且輪距可調；行走速度採惰輪壓縮傳動皮帶，改變從動皮帶輪直徑而調節控制；機體前方配置肥料斗，出肥量可由斗底雙開閘門裝置調整，並藉離心轉盤撒施肥料，肥料出口分為前、左、右三側，可依作業需求開啟或關閉任一側出口，使達省工、連續、均勻、彈性載肥與施肥之作業應用。

(五)機械撒佈均勻性測試：

手扶自走式施肥機配合施肥量測試時，於左右兩側出口之1、1.5及2 m等不同施肥寬度的位置，隨機各置放3個塑膠盤，並以肥料B為試驗材料。經調查結果發現，施肥寬度1 m的左側承盤內，肥料收集量介於74.8~77.6 g之間，右側承盤則為30.5~36.0 g；施肥寬度1.5 m之左、右承盤肥料量各介於39.4~39.9 g與18.5~22.5 g，以及施肥寬度2 m左右承盤分別為20.1~20.6 g與9.7~10.2 g。由試驗可知，相同寬度、同側出口之撒肥均勻性尚稱理想，惟左側收集量較右側高出倍餘，探究原因應是機械操作時未呈現水平，前高後低，致較多肥料

落至撒佈機構的偏後方，離心轉盤將較多的肥料自左側出口撒出之故。因此，本施肥機之水平操作與否，足影響左右側施肥量之均一性。

結論與建議

- 一、試驗研製1臺手扶自走式施肥機，以二行程汽油引擎為動力源，前單輪驅動、後雙輪支撐，後輪之輪距可調，以因應較平坦田區或畦溝內行走作業；其行走速度採可調式皮帶輪帶動，具無段變速功能；行走部上方設置容量80 L之肥料斗，藉由斗底閘門開關分為3段式調節施肥量，再落肥於離心轉盤撒肥料，撒施方向分為前、左、右三側出口，可依需求而選擇單側、雙側或三側同時作業，可供果園樹冠下及植株周邊之肥料撒施應用，施肥效率約為現行獨輪車載肥、人工撒肥作業之2倍。另為順應環保趨勢，本施肥機未來商品化推廣時，動力源將設法改採等效之四行程汽油引擎，以期低空污量。
- 二、本施肥機具有諸多創新設計結構，並獲得我國新型專利認證⁽³⁾，在產業利用性方面，針對果園施肥作業所需而研發，撒施均勻性較人工為佳，可依農友栽培習慣、作業所需而調節施肥量、方向等，達到省工省肥的目的；在新穎性方面，肥料斗底設有施肥量調整之雙開閘門，可快速調節出肥口尺寸，且行走速度具自動調節控制，可簡化操作與便利性，使機械化施肥更具彈性應用；在進步性方面，支撐尾輪依需求調節輪距寬窄，可降低機體側傾之虞，另施肥方向具前、左、右三開口，可選擇一、二或三側同時操作，兼具多樣化調整設定功能。
- 三、本施肥機採用離心式撒肥作業，肥料直接自肥料斗落於圓形轉盤上，若粒狀肥料未直接自出口拋撒出去，則可能在撒佈機構內相互擠壓或撞擊組件，造成肥料破損與細碎化的結果；另由試驗結果顯示，雙開閘門的開度尺寸應予以縮小，以降低肥料出量，並符合施肥推薦量所需；又單側撒肥之有效距離為2.5 m，檢討若於種植行距大於5 m之果園行走作業，則撒施寬度稍嫌不足。為避免發生此問題，於商品機設計製作時，或可修改輔以鼓風或氣力式施肥，以及出口管路具擺動配出功能，以提升撒施均勻性與範圍，並朝多項作物田區皆可應用而努力。

誌 謝

本研究係執行行政院農業委員會科技計畫「果園乘坐式挖溝施肥機試驗改良(104農科-6.2.1-中-D1)」之延伸研發成果。試驗期間承蒙中興大學生機系盛中德教授及建國科技大學自動化工程系退休教授樂家敏博士指導，鍵隆機械實業有限公司負責人謝錦明先生配合機械組裝研製，本場農機研究室全體同仁鼎力協助，方得以順利完成，謹申謝忱。

參考文獻

1. 中華民國國情簡介－農業經營現況
https://www.ey.gov.tw/state/News_Content3.aspx?n=0E57D34A3C127591&sms=FE33AFFA1C25C4DD&s=9963D58B76C1AE51。
2. 田雲生、何榮祥、張金元、陳令錫 2011 番石榴田間作業機械之開發與應用 番石榴栽培技術與經營管理研討會論文輯 行政院農業委員會臺中區農業改良場特刊108號 p.150-164。
3. 田雲生、張金元 2017 手扶自走式施肥機結構 中華民國新型專利第 M560762號。
4. 田雲生、張金元 2018 省工高效施肥利器－果園乘坐式施肥機 臺中區農業專訊 101: 14-16。
5. 田雲生、張金元 2018 創新施肥新模式－手扶自走式施肥機 臺中區農業專訊 101: 20-22。
6. 李英明 2015 肥料管理現況與輔導措施 <https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2503152>。
7. 邱奕志、吳柏青、程安邦 1995 離心式施肥機專用機之研究 農業工程學報 41(1): 72-83-90。
8. 邱澄文 1997 撒佈型有機肥施肥機械之開發 花蓮區農業改良場研究彙報 13: 77-93。
9. 邱澄文、宣大平、丁全孝 1998 曳引機承載綜合型肥料撒佈機之研發 花蓮區農業改良場研究彙報 16: 91-100。
10. 邱銀珍、吳有恆 2013 設施用曳引機承載式有機質肥料施肥器之研發 桃園區農業改良場研究彙報 74: 31-40。
11. 林俊光、廖秋榮 1990 豬糞堆肥對毛豆產量與土壤性質之影響 土壤肥料試驗報告集 p.200-207 台灣省政府農林廳。
12. 林烈輝、洪阿田、鄭榮賢、張增金 1991 有機肥料對苦瓜產量品質之試驗 台灣省政府農林廳所屬試驗研究機關七十八年度試驗研究報告摘要 p.92。
13. 洪阿田、陳富英、黃志明 1991 蓮霧園施用矽酸爐渣與豬糞堆肥對蓮霧品質及土壤性質之影響試驗 土壤肥料試驗報告 p.7-87。
14. 施清田、楊大吉、邱澄文 2009 曳引機承載施肥整地作畦播種一貫作業機之研究 花蓮區農業改良場研究彙報 27: 45-54。
15. 馬清華 1992 禽畜堆肥在蔬菜之應用 養豬業與環保研討會論文集 台灣省畜產試驗研究所 p.120-127。
16. 許福星 1992 禽畜堆肥在牧草之應用 養豬業與環保研討會論文集 台灣省畜產試驗研究所 p.104-114。

Development of the Self-Propelled Fertilizer Applicator¹

Yun-Sheng Tien² and Chin-Yuan Chang²

ABSTRACT

The study was to design and fabricate a self-propelled fertilizer applicator for the walks under the canopy and around a tree. This machine was equipped with the three-wheel, single cylinder gasoline engine-driven, hand hilt control system, front wheels to drive, and the back two wheels to support, with varied speed function. Fertilizer tank with 80 L capacity was placed above the machine and centrifugal rotating disc fertilization and the gates was used to control the amount of fertilizer. The direction of the fertilizer application can be selected on one side, two sides or three sides according to the demand. The application operated with a continuous and uniform fertilization effect. The operating rate is 1.26 ha/hr, about 2 times faster than manual. The developed machine is suitable for small area of the orchards and can reduce labor loads and achieve the labor-saving objection.

Key words: fertilizer applicator, self-propelled type, centrifugal rotating disc, orchard

¹Contribution No. 0943 from Taichung DARES, COA.

²Associate Engineer and Assistant Engineer of Taichung DARES, COA.

水稻台南11號、台稔9號及台中秈10號於砂頁岩及粘板岩混合沖積土壤之最適氮肥用量研究¹

陳鴻堂²、曾宥紘²、郭雅紋²、鄭佳綺²

摘 要

本試驗於彰化縣和美鎮砂頁岩及粘板岩混合沖積土口厝系土壤，進行5級(0、90、150、210及270 kg N ha⁻¹)氮素施用量對水稻台稔9號、台南11號及台中秈10號兩期產量之影響。試驗結果顯示，隨氮肥用量增加，水稻株高有提高趨勢，氮肥用量在90~210 kg N ha⁻¹之間達最高。經迴歸分析水稻台南11號一期作177 kg N ha⁻¹、二期作190 kg N ha⁻¹可達最高產量；水稻台稔9號一期作152 kg N ha⁻¹、二期作150 kg N ha⁻¹可達最高產量；水稻台中秈10號於一期作施用156 kg N ha⁻¹、二期作施用92 kg N ha⁻¹可達最高產量。試驗後土壤肥力分析顯示，氮肥施用量增加有導致土壤酸化，並降低土壤交換性鉀趨勢。土壤交換性鉀明顯降低，暗示提高氮肥同時有必要提高鉀肥用量。

關鍵詞：氮肥、水稻、稻穀產量、土系

前 言

臺灣中部彰化縣沖積平原總面積約達887 km²，其中103 km²為砂頁岩及粘板岩混合沖積土，約佔13.76%⁽¹⁶⁾，這些地區在水源充足時皆可栽培水稻。水稻是臺灣地區栽培面積最廣的作物，合理的肥培管理是增加稻穀產量的一種方法，其中又以氮肥的效果最明顯。臺灣水稻平均稻穀產量在1960年為2,522 kg ha⁻¹、1970年為3,173 kg ha⁻¹、1980年為3,692 kg ha⁻¹、1990年為4,934 kg ha⁻¹、2000年為5,613 kg ha⁻¹、2010年為5,920 kg ha⁻¹，顯示單位面積產量逐年提高。目前水稻栽培面積較廣之品種，大多數是比較耐肥且產量較高之品種，肥料三要素中以氮肥對水稻的增產效果最明顯^(1,2,3,6,9,11,12,15)，過量施用氮肥常造成水稻減產，其原因有水稻植株倒伏影響產量^(1,7,17,19)及增加水稻罹病程度^(2,19)。臺灣水稻對氮吸收利用率約為18.3~89%^(10,12)，有關氮肥合理施用應從各類土壤與水稻品種間來探討。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0924 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

材料與方法

一、試驗期間：2014年1月至12月。

二、試驗地點：彰化縣和美鎮砂頁岩及粘板岩混合沖積土，同一田區進行一、二期作。

三、試驗作物：水稻台梗9號、台南11號及台中秈10號，計3品種。

四、試驗設計：

採條區設計，3品種、5處理、3重複，計45小區。小區長6.0 m、寬5.1 m，面積計30.6 m²。

五、肥料處理：

5級氮素處理，分別為0、90、150、210及270 kg ha⁻¹，磷酐(P₂O₅) 54 kg ha⁻¹，氧化鉀(K₂O) 90 kg ha⁻¹。以單質肥料硫酸銨、過磷酸鈣及氯化鉀進行試驗。三要素肥料施肥時期及分配率：氮肥為第二次整地耙平前施基肥25%、第1次追肥於一期作插秧後15天、二期作插秧後10天施20%、第2次追肥於一期作插秧後30天、二期作插秧後20天施30%。穗肥於水稻發育至幼穗形成期施25%；磷肥基肥施100%，鉀肥第1次施追肥40%、第2次追肥施60%。

六、調查項目：

水稻一期作插秧後45天、二期作插秧後40天調查株高與分蘖數，每期作收穫時調查株高、穗數、稻穀產量。

七、土壤肥力分析：

試區土壤樣本於施基肥(插秧)前及收穫時逢機分別採取表土(0~15 cm)，每一試區處理採5點，混合組成一樣品，風乾、碎土、過篩(2 mm)。土壤pH以水土比1:1 (v/w)；電導度以水土比5:1 (v/w)，分別以電極法測定⁽¹³⁾。土壤有機質含量採用總有機碳分析儀(Elementar vario MAX C)測定。以1 M醋酸銨(pH 7.0)土及溶液比1:10 (w/v)抽出^(21,22)，濾液用感應耦合電漿光譜分析儀(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry; ICP-AES, HORIBA JOBIN- YVON ULTIMA 2)測土壤交換性鉀、鈣及鎂含量。以Bray no. 1方法抽取⁽²³⁾，並用感應耦合電漿光譜分析儀(Inductively Coupled Plasma- Atomic Emission Spectrometry; ICP-AES, HORIBA JOBIN- YVON ULTIMA 2)測土壤Bray-1磷含量。

八、統計分析：

試驗資料以行政院農業委員會購置之SAS-Enterprise Guide進行統計分析。

結果與討論

試驗前土壤肥力

本試驗土壤屬口厝系，屬於排水不完全沖積土，此土系以栽培水稻為主。試驗前土壤肥力如表一所示，土壤呈弱酸性，表土有機質含量接近3%，磷、鉀、鈣及鎂等養分含量充足。參照作物施肥手冊，其磷與鉀含量皆為高量等級。

表一、試驗前土壤肥力分析

Table 1. Soil fertility before experiment

Treatment	pH	EC	O.M.	IN ¹	Bray 1	1.0 M NH ₄ OAc			0.1 M HCl			
	1:1	1:5			P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
		dS m ⁻¹	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹							
Topsoil	5.67	0.23	29.8	16.1	33	80	1,366	235	16	21	22	2,293
Subsoil	6.10	0.18	20.9	11.9	30	44	1,355	239	15	24	17	1,793

¹ Inorganic nitrogen = NO₃+NH₄-N.

氮肥用量對三品種水稻生育性狀調查影響

不同氮肥用量對3品種水稻於兩個期作生育及產量調查如表二所示，一般而言，隨氮肥用量增加，水稻株高及分蘗數有增加趨勢，其中，台梗9號及台南11號之二期作株高較一期作高，與前人對梗稻試驗之研究結果相符⁽¹⁴⁾，然而，台中秈10號二期作水稻株高則比一期作矮。水稻台南11號一期作施用90 kg N ha⁻¹，分蘗數可達30支，而二期作施用210 kg N ha⁻¹可達高分蘗數；台梗9號一期作施用270 kg N ha⁻¹，分蘗數最高可達32支，而二期作施用210 kg N ha⁻¹可達高分蘗數；台中秈10號一及二期作施用150 kg N ha⁻¹，可達最高分蘗數。據宋之研究⁽⁵⁾，施肥量增加，可增加水稻穗數或一穗粒數。林1998年之研究顯示⁽⁸⁾，施氮素量120 kg N ha⁻¹之一期作水稻分蘗數比施氮素量60 kg N ha⁻¹者多10%，可見提高氮肥用量有提高水稻分蘗數之效果。本試驗水稻氮素施用量超過270 kg N ha⁻¹對水稻台南11號一期作會導致產量降低，二期作則不影響產量；對水稻台梗9號其產量與不施肥處理組無顯著差異；對台中秈10號一期作產量與不施肥處理組無顯著差異，二期作會降低稻穀產量。另前人研究進行水稻氮肥用量與稻穀產量之經濟效益分析，其結果亦顯示氮素用量270 kg N ha⁻¹，會降低水稻收成淨利⁽⁴⁾，顯示過量施用氮肥無助於增加水稻產量及收成淨利，此外會導致氮以氨氣型態飄散至大氣或以離子型態自土壤中下滲^(20,24)，造成環境負擔。本試驗3品種水稻之最適氮肥試驗結果，分述如下。

表二、氮肥用量對水稻 3 品種之農藝性狀和產量影響

Table 2. Influence of different nitrogen levels on agronomic characteristics and yields in three rice varieties

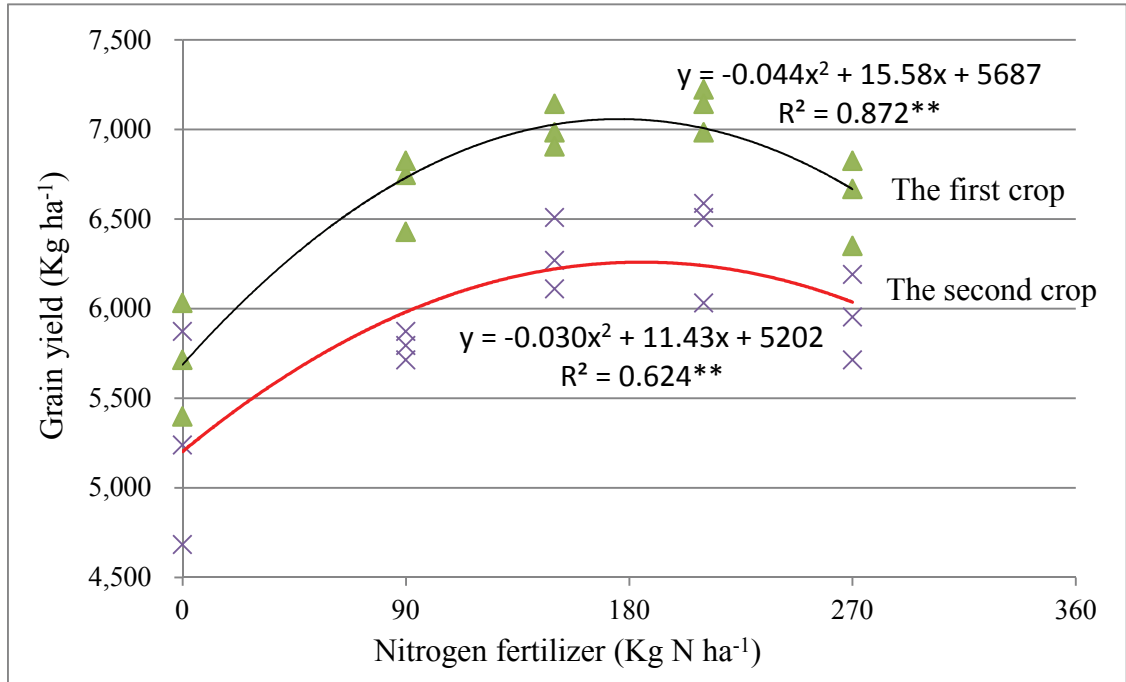
N kg ha ⁻¹	40 Days after Transplanting		Maturity stage		Grain yield (kg ha ⁻¹)	40 Days after Transplanting		Maturity stage		Grain yield (kg ha ⁻¹)	
	Plant height (cm)	Tiller number	Plant height (cm)	Panicle number		Plant height (cm)	Tiller number	Plant height (cm)	Panicle number		
The first crop						The second crop					
Tainan 11											
0	64.7 ^{dl}	25.1 ^b	89.6 ^d	23.0 ^c	5,714 ^d	55.5 ^d	20.5 ^c	98.2 ^c	18.2 ^b	5,265 ^b	
90	71.3 ^c	31.3 ^a	95.6 ^c	26.7 ^b	6,667 ^{bc}	59.8 ^c	22.4 ^{bc}	105.1 ^{bc}	18.8 ^b	5,794 ^{ab}	
150	73.7 ^{bc}	32.1 ^a	101.2 ^b	27.9 ^{ab}	7,010 ^{ab}	62.7 ^{bc}	24.8 ^{ab}	109.6 ^{ab}	21.4 ^b	6,296 ^a	
210	75.1 ^{ab}	34.1 ^a	103.8 ^{ab}	29.9 ^a	7,116 ^a	65.2 ^{ab}	26.8 ^a	113.0 ^a	23.4 ^{ab}	6,376 ^a	
270	77.3 ^a	34.4 ^a	106.4 ^a	29.9 ^a	6,614 ^c	67.7 ^a	28.4 ^a	115.8 ^a	25.4 ^a	5,952 ^a	
Taiken 9											
0	68.2 ^c	21.2 ^c	97.2 ^c	19.9 ^c	5,238 ^b	63.2 ^c	19.9 ^c	100.2 ^c	17.4 ^b	5,370 ^b	
90	72.2 ^{bc}	26.2 ^b	105.5 ^c	24.1 ^b	6,322 ^a	66.4 ^c	21.8 ^b	105.8 ^{bc}	17.8 ^b	5,635 ^{ab}	
150	74.1 ^{ab}	26.9 ^b	109.1 ^{bc}	24.5 ^b	6,534 ^a	70.9 ^b	22.2 ^b	110.7 ^{ab}	19.3 ^{ab}	6,270 ^a	
210	76.7 ^{ab}	26.6 ^b	114.4 ^{ab}	25.3 ^b	6,455 ^a	74.9 ^{ab}	24.6 ^a	114.1 ^{ab}	19.1 ^{ab}	5,847 ^{ab}	
270	79.1 ^a	31.9 ^a	118.4 ^a	27.5 ^a	5,582 ^{ab}	77.2 ^a	25.9 ^a	117.3 ^a	20.6 ^a	6,323 ^a	
Taichung Sen 10											
0	71.0 ^c	23.1 ^b	108.1 ^c	17.2 ^b	6,296 ^a	61.7 ^c	24.9 ^c	99.5 ^c	16.4 ^b	5,132 ^b	
90	77.5 ^{bc}	26.9 ^{ab}	115.1 ^b	19.9 ^{ab}	7,142 ^a	67.3 ^c	26.2 ^{bc}	104.8 ^b	19.9 ^a	5,370 ^{ab}	
150	80.7 ^{ab}	28.6 ^a	120.1 ^a	19.7 ^{ab}	7,037 ^a	71.0 ^c	29.6 ^a	112.0 ^a	20.2 ^a	5,661 ^a	
210	85.4 ^a	28.3 ^a	122.1 ^a	20.9 ^a	7,116 ^a	76.2 ^b	29.1 ^{ab}	114.1 ^a	18.5 ^{ab}	4,550 ^{bc}	
270	85.2 ^{ab}	27.8 ^a	123.0 ^a	20.9 ^a	6,667 ^{ab}	82.0 ^a	31.2 ^a	114.9 ^a	18.5 ^{ab}	4,180 ^c	

¹ Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using LSD ($P \leq 0.05$).

氮肥用量對水稻台南11號產量影響

水稻不同品種氮肥施用量對稻穀增產反應有所差異，施用氮素 150 kg N ha⁻¹與 210 kg N ha⁻¹之台南11號稻穀產量彼此間於統計上無顯著差異，然而施用氮素 210 kg N ha⁻¹之稻穀產量 7,116 kg ha⁻¹，高於不施氮肥、施用 90 及 270 kg N ha⁻¹之稻穀產量，由表二結果顯示，一期作台南11號水稻品種之氮素適宜施用量應介於 150~210 kg N ha⁻¹，二期作氮素施用 150 kg N ha⁻¹之稻穀產量 6,296 kg ha⁻¹，較未施肥處理組高，與施用 210 及 270 kg N ha⁻¹之稻穀產量無顯著差異，顯示台南11號水稻品種於二期作之氮素施用量應介於 150~210 kg N ha⁻¹。稻穀產量與氮素用量之 2 次迴歸分析(圖一)，可看出氮素用量增加至 270 kg N ha⁻¹有導致水稻產量下降趨勢，

迴歸分析結果顯示水稻台南11號於一期作施用177 kg N ha⁻¹，二期作施用190 kg N ha⁻¹可達最高產量。

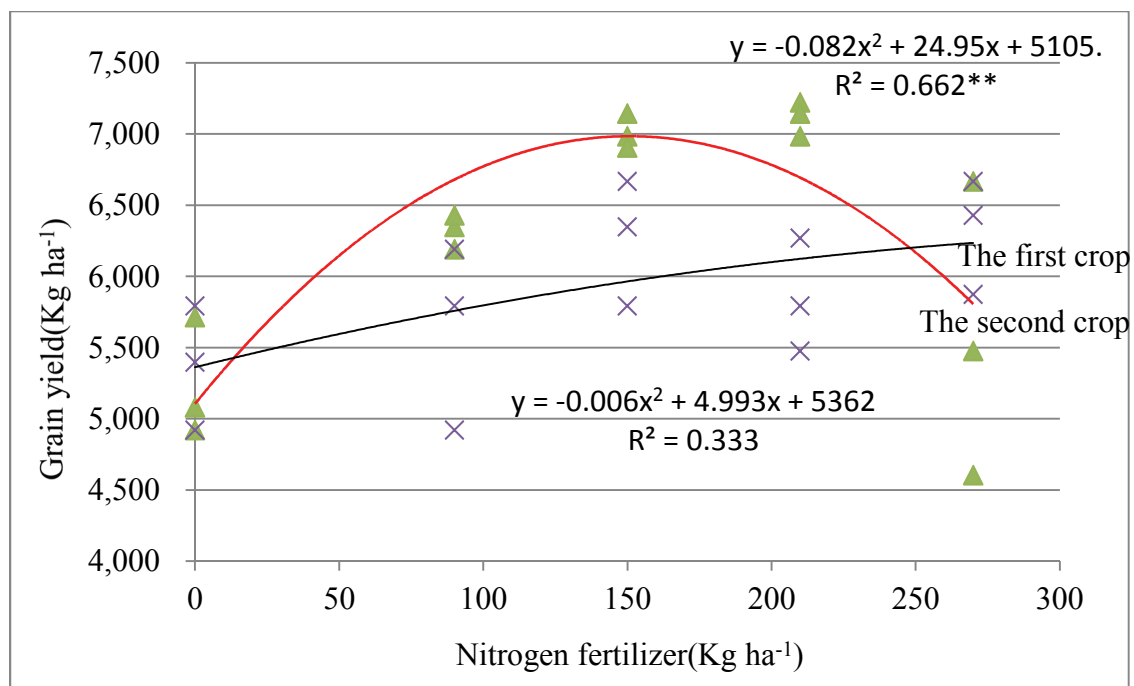


圖一、氮素用量與水稻台南 11 號稻穀產量迴歸分析

Fig. 1. Multiple correlation between nitrogen fertilizer amounts and rice yield of variety Tainan No.11 in two crop seasons

氮肥用量對水稻台梗9號產量影響

一期作水稻台梗9號於施用90 kg N ha⁻¹之產量為6,322 kg ha⁻¹，較不施氮肥處理組高，然而與其他3級氮素處理組無顯著差異；二期作水稻台梗9號於施用150 kg N ha⁻¹之產量為6,270 kg ha⁻¹，較不施氮肥處理組高，然而與其他3級氮素處理組無顯著差異。稻穀產量與氮素用量之2次迴歸分析(圖二)，可看出一期作氮素用量增加至270 kg N ha⁻¹有導致水稻產量下降趨勢，迴歸分析結果顯示水稻台梗9號於一期作施用152 kg N ha⁻¹，二期作迴歸分析不顯著，施用氮素150 kg應可達最高產量。

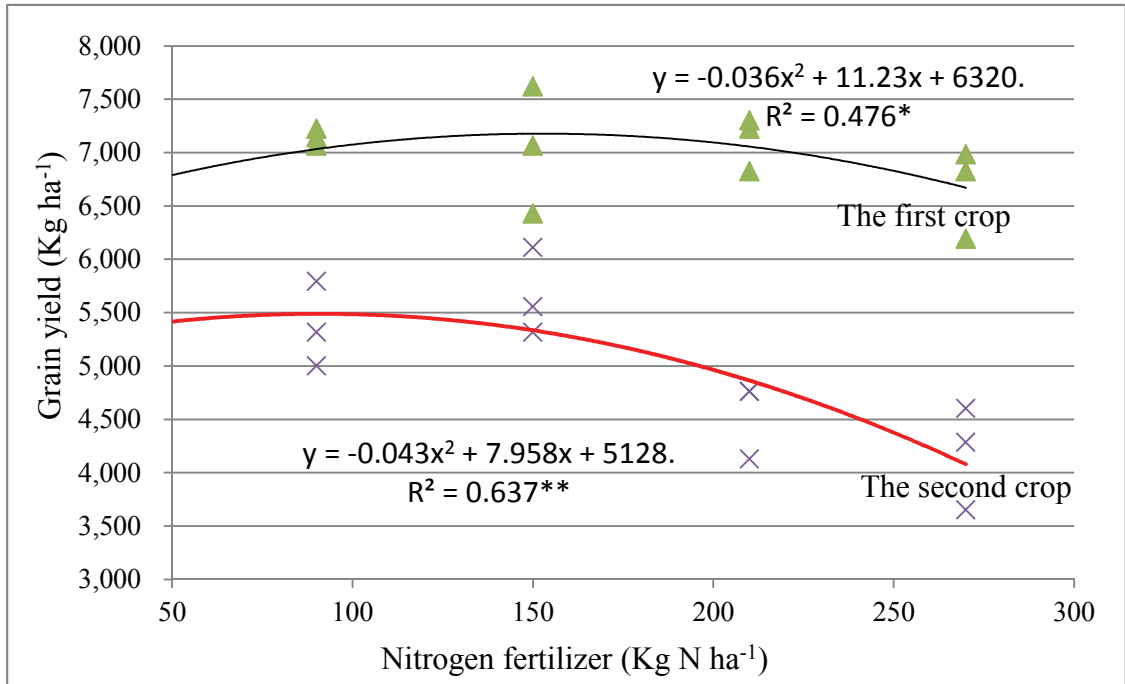


圖二、氮素用量與水稻台種 9 號稻穀產量迴歸分析

Fig. 2. Multiple correlation between nitrogen fertilizer amounts and rice yield of variety Taiken No.9 in two crop seasons

氮肥用量對水稻台中秈10號產量影響

台中秈10號一期作不施肥處理組，稻穀產量達6,296 kg ha⁻¹，與其他施肥處理組無顯著差異；二期作不施肥處理組，施用90及150 kg N ha⁻¹時稻穀產量無顯著差異，然而施用210 kg N ha⁻¹即發生減產趨勢。稻穀產量與氮素用量之2次迴歸分析(圖三)，可看出氮素用量增加至270 kg N ha⁻¹有導致水稻產量下降趨勢，迴歸分析結果顯示水稻台中秈10號於一期作施用156 kg N ha⁻¹，二期作施用92 kg N ha⁻¹可達較高產量。



圖三、氮素用量與水稻台中秈 10 號稻穀產量迴歸分析

Fig. 3. Multiple correlation between nitrogen fertilizer amounts and rice yield of variety Taichung Sen No.10 in two crop seasons

試驗後土壤肥力

試驗後土壤肥力如表三及表四所示，第一期作3品種水稻收穫期土壤pH值、有機質及交換性鉀含量，隨氮肥施用量增加而有降低趨勢。電導度一期作各處理無顯著差異，台中秈10號二期作之氮素用量增加至270 kg N ha⁻¹時，其電導度較未施氮肥處理組顯著提升。過量施用化學氮肥有導致土壤酸化、增加土壤電導度或降低土壤有機質含量之趨勢，此與前人研究結果相符⁽¹⁸⁾。

表三、水稻第一期作氮肥用量對品種在收穫期土壤肥力影響

Table 3. Influence of applying different amount of nitrogen fertilizer on soil fertility after experiment in the first crop

N kg ha ⁻¹	pH 1:1	EC 1:5 dS m ⁻¹	O.M. g kg ⁻¹	IN ¹	Bray 1 P	1.0M NH ₄ OAc				0.1M HCl			
						K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	
Tainan 11													
0	5.13 ^{a2}	0.24 ^a	30.1 ^b	31.9 ^a	41 ^a	63 ^a	1,183 ^a	211 ^a	17 ^a	26 ^a	19 ^a	2,011 ^a	
90	5.10 ^a	0.28 ^a	31.4 ^{ab}	35.5 ^a	37 ^a	56 ^{ab}	1,187 ^a	213 ^a	17 ^a	21 ^a	17 ^b	1,873 ^a	
150	5.12 ^a	0.32 ^a	32.3 ^{ab}	38.0 ^a	44 ^a	55 ^{ab}	1,210 ^a	218 ^a	17 ^a	21 ^a	18 ^{ab}	1,935 ^a	
210	4.91 ^b	0.29 ^a	33.6 ^a	32.2 ^a	45 ^a	50 ^b	1,115 ^a	201 ^a	17 ^a	17 ^a	18 ^{ab}	1,796 ^a	
270	5.05 ^b	0.30 ^a	30.5 ^b	37.4 ^a	38 ^a	50 ^b	1,111 ^a	201 ^a	16 ^a	17 ^a	16 ^b	1,786 ^a	
Taiken 9													
0	5.15 ^a	0.26 ^a	32.2 ^a	41.3 ^{ab}	35 ^a	55 ^a	1,236 ^a	221 ^a	16 ^a	25 ^a	15 ^a	2,009 ^a	
90	5.08 ^{ab}	0.29 ^a	34.4 ^a	38.8 ^{ab}	34 ^a	51 ^{ab}	1,336 ^a	232 ^a	15 ^a	21 ^a	14 ^a	2,092 ^a	
150	5.06 ^{ab}	0.26 ^a	35.3 ^{ab}	33.8 ^b	33 ^a	47 ^b	1,310 ^a	231 ^a	16 ^a	20 ^a	14 ^a	1,868 ^a	
210	4.95 ^b	0.25 ^a	36.5 ^a	42.3 ^a	37 ^a	43 ^b	1,247 ^a	220 ^a	16 ^a	16 ^a	14 ^a	1,929 ^a	
270	4.91 ^b	0.28 ^a	32.4 ^b	34.1 ^b	35 ^a	43 ^b	1,239 ^a	210 ^a	15 ^a	17 ^a	13 ^a	2,076 ^a	
Taichung Sen 10													
0	5.07 ^a	0.31 ^a	32.2 ^b	28.9 ^{ab}	34 ^a	50 ^a	1,337 ^a	234 ^a	14 ^a	21 ^a	14 ^a	2,189 ^a	
90	4.93 ^a	0.30 ^a	34.4 ^{ab}	28.5 ^{ab}	36 ^a	38 ^{bc}	1,291 ^{ab}	232 ^a	13 ^a	16 ^{ab}	13 ^a	1,802 ^b	
150	4.98 ^{ab}	0.28 ^a	35.3 ^{ab}	29.0 ^{ab}	37 ^a	42 ^b	1,352 ^a	239 ^a	14 ^a	15 ^{ab}	14 ^a	1,909 ^{ab}	
210	4.81 ^b	0.31 ^a	36.5 ^a	33.1 ^a	33 ^a	37 ^c	1,301 ^{ab}	223 ^a	14 ^a	13 ^b	14 ^a	1,865 ^b	
270	4.78 ^b	0.24 ^a	32.4 ^b	25.9 ^b	35 ^a	36 ^c	1,196 ^b	207 ^b	13 ^a	12 ^b	12 ^a	1,697 ^b	

¹ Inorganic nitrogen = NO₃+NH₄-N.² Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using LSD (P ≤ 0.05).

表四、水稻第二期作氮肥用量對品種在收穫期土壤肥力影響

Table 4. Influence of applying different amount of nitrogen fertilizer on soil fertility after experiment in the second crop

N kg ha ⁻¹	pH 1:1	EC 1:5 dS m ⁻¹	O.M. g kg ⁻¹	IN ¹	Bray 1 P	1.0M NH ₄ OAc			0.1M HCl			
						K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
Tainan 11												
0	6.40 ^{a2}	0.29 ^a	27.6 ^a	15.63 ^a	82 ^a	49 ^{ab}	1,566 ^a	154 ^a	20 ^a	120 ^a	30 ^a	2,463 ^a
90	6.32 ^a	0.32 ^a	28.1 ^a	16.33 ^a	88 ^a	52 ^a	1,607 ^a	158 ^a	19 ^a	98 ^{ab}	30 ^a	2,316 ^a
150	6.19 ^a	0.30 ^a	30.2 ^a	17.73 ^a	88 ^a	43 ^{bc}	1,516 ^a	149 ^a	18 ^a	83 ^b	29 ^a	2,297 ^a
210	6.03 ^a	0.34 ^a	28.9 ^{ab}	15.40 ^a	87 ^a	39 ^c	1,476 ^a	143 ^a	19 ^a	86 ^b	30 ^a	2,213 ^a
270	6.05 ^a	0.38 ^a	27.0 ^b	14.70 ^a	83 ^a	40 ^c	1,419 ^a	150 ^a	18 ^a	89 ^{ab}	29 ^a	2,289 ^a
Taiken 9												
0	6.22 ^a	0.36 ^a	29.3 ^a	14.70 ^a	83 ^b	49 ^a	1,547 ^a	94 ^a	19 ^a	98 ^a	28 ^a	2,634 ^a
90	6.00 ^a	0.34 ^a	29.0 ^a	14.93 ^a	87 ^b	47 ^a	1,411 ^{ab}	79 ^a	15 ^a	72 ^b	25 ^{ab}	2,439 ^b
150	6.08 ^a	0.30 ^a	28.2 ^a	16.33 ^a	87 ^b	45 ^a	1,414 ^{ab}	75 ^a	16 ^a	59 ^b	23 ^b	2,278 ^b
210	6.01 ^a	0.29 ^a	27.9 ^{ab}	13.30 ^a	94 ^a	45 ^a	1,292 ^b	63 ^b	17 ^a	66 ^b	24 ^{ab}	2,394 ^b
270	6.01 ^a	0.31 ^a	27.0 ^b	14.47 ^a	86 ^b	43 ^a	1,326 ^{ab}	68 ^b	18 ^a	79 ^{ab}	26 ^{ab}	2,439 ^b
Taichung Sen 10												
0	6.38 ^a	0.21 ^b	24.9 ^{ab}	16.34 ^a	79 ^a	39 ^a	1,257 ^a	66 ^a	17 ^a	75 ^a	25 ^a	2,019 ^a
90	6.16 ^{ab}	0.31 ^{ab}	24.4 ^{ab}	15.77 ^{ab}	77 ^a	38 ^a	1,327 ^a	79 ^a	17 ^a	62 ^a	25 ^a	2,053 ^a
150	5.88 ^{ab}	0.30 ^{ab}	25.9 ^a	12.60 ^{ab}	76 ^a	38 ^a	1,209 ^a	73 ^a	16 ^a	52 ^a	24 ^a	1,994 ^a
210	6.00 ^{ab}	0.31 ^{ab}	23.7 ^b	11.90 ^{ab}	73 ^a	28 ^b	1,232 ^a	74 ^a	15 ^a	50 ^a	22 ^a	1,891 ^a
270	5.78 ^b	0.40 ^a	25.6 ^{ab}	10.97 ^b	72 ^a	37 ^a	1,325 ^a	81 ^a	17 ^a	71 ^a	26 ^a	2,089 ^a

¹ Inorganic nitrogen = NO₃+NH₄-N.

² Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using LSD (P ≤ 0.05).

參考文獻

1. 王鐘和、江志峰、申雍 2003 土壤肥力診斷在水稻精準施肥管理之應用 p.121-132 水稻精準農業體系 行政院農業委員會農業試驗所特刊第105號 霧峰，臺灣。
2. 王鐘和、林毓雯、邱麗蓉、陳琦玲、劉滄琴 2003 肥料深施及穗肥對水稻產量之效應及診斷研究 p.105-120 水稻精準農業體系 行政院農業委員會農業試驗所特刊第105號 霧峰，臺灣。
3. 江志峰 2013 不同水稻品種的氮肥施用量對其利用效率與產量之效應 p.165-173 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號 彰化，臺灣。
4. 江汶錦 2014 臺南地區水稻品種氮肥利用效率比較 臺南區農業改良場研究彙報 63: 59-72。
5. 宋勳 1980 施肥法影響水稻碾米品質之研究 臺中區農業改良場研究彙報 3: 20-24。

6. 吳育郎、劉慶裕 1967 密植增肥對水稻早熟品種產量之關係 科學農業 15(1,2): 59-62。
7. 吳育郎、林富雄 1968 水稻品種特性與肥料反應 科學農業 66(9,10): 251-254。
8. 林再發 1998 氮肥用量對一、二期作水稻產量及生育性狀影響 臺中區農業改良場研究彙報 61: 13-23。
9. 邱再發、黃文良 1970 水稻氮肥施肥技術之研究 (I) 氮肥晚施用對水稻產量及養分吸收之影響 農業研究 19: 26-41。
10. 邱再發 1971 本省主要水稻品種之肥料效應及肥料吸收率之研究 臺灣農業研究 20(1): 1-20。
11. 林國清 2004 水稻新品種台南11號之育成 台南區農業改良場研究彙報 45: 1-25。
12. 莊作權、黃裕銘 1984 改進肥效及增進土壤氮素肥力以提高二期稻作產量之研究 p.1-16 臺灣省農業試驗所特刊第16號 霧峰，臺灣。
13. 張愛華 1981 本省現行土壤測定方法 作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所特刊 No.13: 9-26。
14. 陳榮坤、陳宗禮 2015 氮肥施用量對水稻莖稈生育的影響 臺南區農業改良場研究彙報 66: 24-38。
15. 莊義雄、丁文彥 1993 氮肥施用量對不同再生處理再生稻產量與品質之影響 花蓮區研究彙報 9: 73-82。
16. 彰化縣土壤調查報告 1969 國立中興大學農學院土壤學系 臺中 臺灣。
17. 鄭榮賢、蘇俊茂、李忠衛 1968 秈稻氮肥需要量試驗 臺灣農業 4(1): 12-20。
18. 賴文龍、郭雅紋、陳玟瑾 2012 氮肥用量對水稻產量之影響 臺中區農業改良場研究彙報 114: 35-43。
19. 賴明信、陳正昌、郭益全、呂秀英、陳治官、李長沛、曾東海 1996 現行水稻推廣品種生產力與氮肥用量之關係 1.氮肥用量對水稻產量及產量構成要素之影響 中華農業研究 45(3): 203-217。
20. Cao, Y. S., Y. H. Tian, B. Yin and Z. L. Zhu. 2013. Assessment of ammonia volatilization from paddy fields under crop management practices aimed to increase grain yield and N efficiency. Field Crops Res. 147: 23-31.
21. Kundsén, D. and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p.225-246. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Academic Press, Inc., New York.
22. Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium, and barium. p.247-262. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis Part 2. Academic Press, Inc., New York.

23. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p.403-430. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2.* Academic Press, Inc., New York.
24. Peng, S. B., R. J. Buresh, J. L. Huang, X. H. Zhong, Y. B. Zou, J. C. Yang, G. H. Wang, Y. Y. Liu, R. F. Hu, Q. Y. Tang, K. H. Cui, F. S. Zhang and A. Dobermann. 2010. Improving nitrogen fertilization in rice by site-specific N management. A review. *Agron. Sustain Dev.* 30(3): 649-56.

Experiments of Optimal Rate of Nitrogen-fertilizer in Producing Maximum Yield of Rice Tainan No. 11, Varieties Taiken No. 9 and Taichung Sen No. 10 in Soils Group of Sand Stone Shale and Slate Mixed Alluvial¹

Hong-Tang Chen², You-Hong Zeng², Ya-Wen Kuo² and Chia-Chi Cheng²

ABSTRACT

The experiments were implemented in sand shale and clay slate mixed alluvial soil belongs to Koucuo soil series for understanding the influence of five nitrogen fertilizer levels on yield of three rice varieties included Tainan No.11, Taiken No.9 and Taichung Sen No.10. Experimental results showed higher amounts of nitrogen fertilizer input can produce higher rice yields, however fertilizer amount higher than 270 kg N ha⁻¹ would decrease rice yield. For producing maximum yields of rice varieties Tainan No.11, Taiken No.9 and Taichung Sen No.10 in the first crop, the optimal rate of nitrogen fertilizer is 177, 152 and 156 kg N ha⁻¹ respectively, in the second crop, the optimal rate of nitrogen fertilizer is 190, 150 and 92 kg N ha⁻¹ respectively. After experiment, increasing nitrogen fertilizer application would decrease soil pH and exchangeable potassium content, which infer the need of increasing potassium fertilizers.

Key words: Nitrogen fertilizer, rice, yield and soil series

¹ Contribution No.0924 from Taichung DARES, COA.

² Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

臺中區農業改良場研究彙報稿約

- 一、本刊以供本場同仁發表試驗研究成果為原則，但可邀請外稿。
- 二、來稿一經刊登其著作權歸行政院農業委員會臺中區農業改良場所有，本人聲明並保證授權著作為本人所自行創作，若屬多人共同創作，則本人亦取得其他作者同意，有權為本同意之各項授權。且授權著作未侵害任何第三人之智慧財產權。
- 三、來稿一律不支稿費，但經刊用後，則致贈單行本 10 本(可要求至 20 本)。
- 四、文章之架構為題目、作者、中文摘要、中文關鍵字、前言、材料與方法、結果與討論(或分開成結果、討論)、誌謝、參考文獻(加阿拉伯數字序號)、英文摘要(包括題目、作者、摘要、關鍵字)。題目下之作者英文姓、名首字用大寫，其餘小寫，以用全名為原則，名在前，姓在後，如 Jia-Shin Lin，作者二人時，則用 and 連接，三人以上則如 Jia-Shin Lin, Lin-Ren Chang and Wan-Jean Liaw。英文關鍵字除專用學名(如 Ringspot Virus)、元素符號縮寫(如 Ca, Mg)等首字母大寫，其餘一般性語詞用小寫。另本文內中文後附加英文全名又有英文縮寫時，則英文全名與英文縮寫間以逗號分開，如木瓜輪點病毒(papaya ringspot virus, PRV)。
- 五、來稿以 A4 紙“雙行距”印出，紙之上端留白 2 cm，其他三邊留白 1 cm。
- 六、來稿以精簡易懂為原則，學名、et al., via 等需以斜體字印出，引用書名以 In：表示。
- 七、關於表格之注意點：(一)表格上方須並列中英文標題，中文在上，英文在下，並加表一、(Table 1.)等冠號，不需句號，但表註要句號。(二)表格內容只用英文，只有第一個字母大寫，不可中英文並列。(三)能以文字說明之小表或項目，請用文字說明。(四)原始記錄應統計分析並簡化後始可列入表中。(五)表註用小號 1 或 2 等註明於表中數字之右上角。(六)表格一律設計成“可被彙報篇幅正常容納”之大小。
- 八、關於插圖之規定：(一)插圖應單頁獨立，註明文題。(二)插圖下方須有標題，並加圖一、圖二、(Fig. 1. 2.....)等冠號。(三)所繪製線條粗細、標號、數字及文字等應注意協調及清楚。(四)已列表中之內容，勿再重複以插圖表示。
- 九、關於照片之規定：(一)照片用紙一律採用光面紙，黑白照片為佳，品質為要。(二)需有圖說，如有特別指明點應標示之。(三)可在文中用文字說明清楚之非必要照片請剔除。
- 十、關於參考文獻之規定：(一)參考文獻以引用為限，如係來自轉載之其他書刊時必須加註明。(二)本國及日本作者則依據姓名筆劃數為序，若無作者而以出版機關(社)為首時，則以首字筆劃列入參考文獻之排序。以上三種文獻均列於英文作者之前。作者之姓置於前，名或簡寫隨之。(三)中、日期刊文獻作者姓名以後為發行年份，然後為論文名稱，期刊名稱、卷期數及頁數。(四)西文雜誌名之縮寫方式盡量根據美國出版之“Biological Abstracts”雜誌；中日文雜誌用全名(例 1)。(五)書籍必須加註版別及出版書局。(六)引用西文書籍之寫法為：作者姓名—年份—章節名—引用頁數—編輯者—書名(西文書名除介詞外其餘首字母大寫)—出版社—出版地(例 5)。(七)西文參考文獻第一作者姓在前，名用縮寫接在後；第二作者以下名用縮字排在前，姓在後(見例 2~5)。(八)引用機關或出版社編著之非定期性中、日書刊寫法：1. 書籍有分篇作者時：分篇作者—年份—章節名—參考頁數—書名—主編—出版社(機關)—出版地點(見例 6)。2. 書籍無分篇作者時：作者名—年份—章節名—參考頁數—書名—出版社—出版地點(見例 7)。3. 無作者但有發行(編輯)機關(社)時：發行機關—年份—書名—參考頁數—出版社(見例 8)(此時並以首字之筆畫列入參考文獻之排序)以上如缺某項時可略過，但順序不宜變更，且重要項目不可少。(九)文字敘述及參考文獻時，根據文獻之號數，用阿拉伯字，加以括號，如(1)等，插入句中右上角，如引用多篇，則加逗點，如(1,2,3)。(十)未正式發行之報告，如農林廳年度成果報告，不可引用為參考文獻。
例如：1.張守敬 1954 臺灣水稻肥料施用適量之分區 科學農業 2(5): 1-6。
2. Jones, J. W. and A. E. Longley. 1941. Sterility and aberrant chromosomes numbers in Caloro and other varieties of rice. Jour. Agr. Res. 62:381-399.
3. 作者 3 人之寫法：Jone, A. B., L. H. Lin and A. B. Chen. 1991....
4. 作者 3 人以上之寫法：Jone, A. B., L. H. Lin, C. D. Wang and A. B. Chen. 1991....
5. Eastop, V. F. 1977. World importance of aphids as virus vectors. p.1-61. In: Harts, K. F. and K. Maramorosch (eds.). Aphid as Virus. Academic Press. London.
6. 黃正華、朱永華 1970 臺灣雜糧生產現況與增產潛力之探討 p.66-67 臺灣雜糧增產之研究 科學農業叢書第 7 號。
7. 郭魁士 1978 土壤水 p.x-x 土壤學 中國書局 屏東，臺灣。
8. 臺灣省政府農林廳 1990 臺灣農業年報 臺灣省政府印刷廠。
- 十一、文字敘述之號次以下列為序：中文用：一(一) 1.(1)A(A)，英文用：1.(1)A(A)a(a)。
- 十二、腳註以小號 1 或 2 等阿拉伯字標於右上角，說明時阿拉伯字置於左上角及文辭回復正常大小。
- 十三、文字敘述中之數字，儘量用阿拉伯字表示之。
- 十四、單位須用公制單位記號，例如以 m、cm、mm、m²、ml、l、mg、g、kg、ha、°C、pH、N、ppm、t、hr 等，不必用中文表示之。
- 十五、原稿審查後經由課室送還作者，作者對審查意見有異議，可書面申訴。修正後需將原稿、審查意見表及修正稿送回編輯。必要時可再外審，且本刊有刪改權。“完全定稿”後送請排版(排版後不接受大幅度修改)。
- 十六、作者“自行、完全”負責格式及內容之校對。
- 十七、其他未盡事項，得經場長核定後，隨時補充修正之。

BULLETIN OF TAICHUNG DISTRICT AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION STATION

Publisher

H. S. Lin

Editorial Board

M. C. Hong

C. H. Chao

C. H. Hsiao

J. L. Yang

K. F. Pai

H. Y. Yang

Y. H. Chen

Y. S. Tien

S. F. Chen

H. C. Chang

書名：行政院農業委員會臺中區農業改良場研究彙報(第 139 期)

出版機關：行政院農業委員會臺中區農業改良場

通訊處：彰化縣大村鄉田洋村松槐路 370 號

網址：<https://www.tdais.gov.tw/>

電話：04-8523101~7

發行人：林學詩

編輯委員：洪梅珠(總編輯)、趙佳鴻(副總編輯)

蕭政弘、楊嘉凌、白桂芳、楊宏瑛、陳裕星、田雲生、陳世芳、張惠真

出版年月：107 年 6 月

定價：新臺幣 100 元整

展售處：行政院農業委員會臺中區農業改良場

展售書局：1.五南文化廣場臺中總店／400 臺中市中山路 6 號 (04)22260330

2.國家書店松江門市／104 臺北市松江路 209 號 1 樓 (02)25180207

中華郵政中臺字第 0 四九九號執照登記認為第一類新聞紙類

新聞局登記權：局版臺誌字第五八二三號

GPN: 2006500018

ISSN: 0255-5905

版權所有，翻拷必究

溫湯處理對‘臺農 2 號’
番木瓜果皮抗氧化能力之影響

Effect of Hot Water Treatment on Antioxidant Capacity of
‘Tainung No. 2’ Papaya (*Carica papaya* L.) Fruit Peel

吳庭嘉、吳承軒、謝慶昌

Ting-Chia Wu, Chen-Hsuan Wu and Ching-Chang Shiesh

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 139: 1~11 (2018)
行政院農業委員會臺中區農業改良場

番茄中不同 *Ty* 基因組合對於
番茄黃化捲葉泰國病毒種之抗病力研究
Study on the Disease Resistant Ability to *Tomato Yellow
Leaf Curl Thailand Virus* (TYLCTHV) in Tomato Lines
with Different Combinations of *Ty* Genes

林煜恒、吳靜霞

Yu-Heng Lin and Jui-Shin Chang

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 139: 13~26 (2018)

行政院農業委員會臺中區農業改良場

國產良質米與進口米冷熱飯食用特性比較之研究
Comparisons on the Eating Quality of Cooked and Cooled
Rice among Taiwanese Domestic and Imported Varieties

王柏蓉、楊嘉凌、洪梅珠

Po-Jung Wang, Jia-Ling Yang and Mei-Chu Hong

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 139: 27~41 (2018)

行政院農業委員會臺中區農業改良場

臺灣簡易溫室結構分析之研究
Study on the Improvement of Wind Resistance Capacity in
the Plastic Greenhouse Structure in Taiwan

張金元、田雲生
Chin-Yuan Chang and Yun-Sheng Tien

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 139: 43~51 (2018)
行政院農業委員會臺中區農業改良場

手扶自走式施肥機之研製
Development of the Self-Propelled Fertilizer
Applicator

田雲生、張金元

Yun-Sheng Tien and Chin-Yuan Chang

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 139: 53~63 (2018)

行政院農業委員會臺中區農業改良場

水稻台南11號、台稉9號及台中秈10號於砂頁岩
及粘板岩混合沖積土壤之最適氮肥用量研究
Experiments of Optimal Rate of Nitrogen-fertilizer in
Producing Maximum Yield of Rice Tainan No. 11,
Varieties Taiken No. 9 and Taichung Sen No. 10 in Soils
Group of Sand Stone Shale and Slate Mixed Alluvial

陳鴻堂、曾宥紘、郭雅紋、鄭佳綺

Hong-Tang Chen, You-Hong Zeng, Ya-Wen Kuo and Chia-Chi Cheng

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 139: 65~76 (2018)

行政院農業委員會臺中區農業改良場